WWW.GUIADOESTUDANTE.COM.BR

Abril

ED.5

e Guia do Estudante

VESTIBULAR+ENEM 2017

AULAS SOBRE OS TEMAS QUE MAIS CAEM NAS PROVAS

CONTEÚDO
Fisiologia vegetal e animal, citologia, evolução da vida, genética e ecologia

INFOGRÁFICOS
Aulas com dezenas de ilustrações que explicam melhor o que é estudado

RESUMOS
Ao final de cada capítulo, fichas que ajudam na hora da revisão

EXERCÍCIOS
Questões com comentários e um simulado para você praticar

ISBN 978-856952217-1

8 EM CADA 10 APROVADOS NA USP USARAM e

BIOLOGIA

ESTUDE SOZINHO A PARTIR DE FATOS DA ATUALIDADE

WWW.GUIADOESTUDANTE.COM.BR

Abril

e Guia do Estudante

VESTIBULAR+ENEM 2017

AULAS SOBRE OS TEMAS QUE MAIS CAEM NAS PROVAS

BIOLOGIA

EDITORA Abril

Fundada em 1950

VICTOR CIVITA (1907-1990) **ROBERTO CIVITA** (1936-2013)

Conselho Editorial: Victor Civita Neto (Presidente), Thomaz Souto Côrrea (Vice-Presidente), Alecsandra Zapparoli, Eurípedes Alcântara Giancarlo Civita e José Roberto Guzzo

Presidente do Grupo Abril: Walter Longo
Diretor de Operações: Fábio Petrossi Gallo
Diretor Comercial: Rogério Gabriel Comprido
Diretor de Planejamento, Controle e Operações: Edilson Soares
Diretora de Serviços de Marketing: Andrea Abelleira
Diretor de Tecnologia: Carlos Sangiorgio
Diretor de Vendas para Audiência: Dimas Mietto

Diretora de Conteúdo: Alecsandra Zapparolli

Guia do Estudante

Diretor Editorial - Estilo de Vida: Sérgio Gwercman

Diretor de Redação: Fabio Volpe

Diretor de Arte: Fábio Bosquê **Editores:** Ana Prado, Fábio Akio Sasaki, Lisandra Matias, Paulo Montoia **Repórter:** Ana Lourenço **Analista de Informações Gerenciais:** Simone Chaves de Toledo **Analista de Informações Gerenciais Jr.:** Maria Fernanda Teperdgian **Designers:** Dânue Falcão, Vitor Inoue **Estagiários:** Guilherme Eler, Paula Lepinski, Sophia Kraenkel **Atendimento ao Leitor:** Carolina Garofalo, Sandra Hadich, Sonia Santos, Walkiria Giorgino **CTI** Eduardo Blanco (Supervisor)

PRODUTO DIGITAL Gerente de Negócios Digitais: Marianne Nishihata **Gerentes de Produto:** Pedro Moreno e Renata Gomes de Aguiar **Analistas de Produto:** Elaine Cristina dos Santos e Leonam Bernardo **Designers:** Danilo Braga, Juliana Moreira, Simone Yamamoto **Animação:** Felipe Thiroux **Estagiário:** Daniel Ito **Desenvolvimento:** Anderson Renato Poli, Cah Felix, Denis V Russo, Eduardo Borges Ferreira, Elton Prado. **Estagiário:** Vinicius Arruda

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO Edição: Thereza Venturoli **Consultoria:** Adelaide Ferreira Marsiglio **Ilustração:** 45 Jujubas (capa) **Infografia:** Estúdio Pingado e Multi-SP **Revisão:** José Vicente Bernardo

www.guiadoestudante.com.br

GE BIOLOGIA 2017 ed.5 (ISBN 978-85-69522-17-1) é uma publicação da Editora Abril. Distribuída em todo o país pela Dinap S.A. Distribuidora Nacional de Publicações, São Paulo.

IMPRESSA NA GRÁFICA ABRIL Av. Otaviano Alves de Lima, 4400, CEP 02909-900 – Freguesia do Ó – São Paulo – SP

M372b Marsiglio, Adelaide Ferreira
Biologia: vestibular + enem. / Adelaide Ferreira Marsiglio, Thereza Venturoli ; editado por Fabio Volpe. – São Paulo: Abril, 2016.
148 p ; il. ; 27 cm.

(Guia do Estudante , ISBN 978-85-69522-17-1 ; ed. 5)

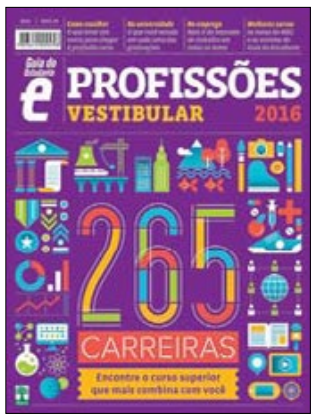
1. Biologia - Vestibular. 2. Ciências biológicas. 3. Biologia - Estudos. I. Título. II. Marsiglio, Adelaide Ferreira. III. Venturoli, Thereza. IV. Volpe, Fabio. V. Série.

CDD 372.357

Um plano para os seus estudos

Este **GUIA DO ESTUDANTE BIOLOGIA** oferece uma ajuda e tanto para as provas, mas é claro que um único guia não abrange toda a preparação necessária para o Enem e os demais vestibulares.

É por isso que o GUIA DO ESTUDANTE tem uma série de publicações que, juntas, fornecem um material completo para um ótimo plano de estudos. O roteiro a seguir é uma sugestão de como você pode tirar melhor proveito de nossos guias, seguindo uma trilha segura para o sucesso nas provas.



1 *Decida o que vai prestar*

O primeiro passo para todo vestibulando é escolher com clareza a carreira e a universidade onde pretende estudar. Conhecendo o grau de dificuldade do processo seletivo e as matérias que têm peso maior na hora da prova, fica bem mais fácil planejar os seus estudos para obter bons resultados.

➔ **COMO O GE PODE AJUDAR VOCÊ** O **GE PROFISSÕES** traz todos os cursos superiores existentes no Brasil, explica em detalhes as características de mais de 260 carreiras e ainda indica as instituições que oferecem os cursos de melhor qualidade, de acordo com o ranking de estrelas do GUIA DO ESTUDANTE e com a avaliação oficial do MEC.

2 *Revise as matérias-chave*

Para começar os estudos, nada melhor do que revisar os pontos mais importantes das principais matérias presentes no Ensino Médio. Você pode repassar todas as disciplinas ou focar só em algumas delas. Além de rever os conteúdos, é fundamental fazer exercício para praticar.

➔ **COMO O GE PODE AJUDAR VOCÊ** Além do GE BIOLOGIA, que você já tem em mãos, produzimos um guia para cada matéria do Ensino Médio: **GE QUÍMICA**, **Física, Matemática, História, Geografia, Português e Redação**. Todos reúnem os temas que mais caem nas provas, trazem muitas questões de vestibulares para fazer e têm uma linguagem fácil de entender, permitindo que você estude sozinho.

3 *Mantenha-se atualizado*

O passo final é reforçar os estudos sobre atualidades, pois as provas exigem alunos cada vez mais antenados com os principais fatos que ocorrem no Brasil e no mundo. Além disso, é preciso conhecer em detalhes o seu processo seletivo – o Enem, por exemplo, é bastante diferente dos demais vestibulares.

➔ **COMO O GE PODE AJUDAR VOCÊ** O **GE Enem** e o **GE Fuvest** são dois verdadeiros "manuais de instrução", que mantêm você atualizado sobre todos os segredos dos dois maiores vestibulares do país. Com duas edições no ano, o **GE ATUALIDADES** traz fatos do noticiário que podem cair nas próximas provas – e com explicações claras, para quem não tem o costume de ler jornais nem revistas.

CAPA: **45 JUJUBAS**

CALENDÁRIO GE 2016

Veja quando são lançadas as nossas publicações

MÊS	PUBLICAÇÃO
Janeiro	
Fevereiro	**GE HISTÓRIA**
Março	**GE ATUALIDADES 1**
Abril	**GE GEOGRAFIA** **GE QUÍMICA**
Maio	**GE PORTUGUÊS** **GE BIOLOGIA**
Junho	**GE ENEM** **GE FUVEST**
Julho	**GE REDAÇÃO**
Agosto	**GE ATUALIDADES 2**
Setembro	**GE MATEMÁTICA** **GE FÍSICA**
Outubro	**GE PROFISSÕES**
Novembro	
Dezembro	

Os guias ficam um ano nas bancas – com exceção do ATUALIDADES, que é semestral. **Você pode comprá-los também nas lojas on-line das livrarias Cultura e Saraiva.**

FALE COM A GENTE:
Av. das Nações Unidas, 7221, 18º andar, CEP 05425-902, São Paulo/SP, ou email para:
guiadoestudante.abril@atleitor.com.br

Boas e más notícias

Você já deve ter reparado: é raro a imprensa trazer notícias positivas, de fatos a ser comemorados. Talvez quando o Brasil vence a Copa do Mundo – o que já faz muito tempo que não acontece. Em 2015 não tivemos muitas manchetes animadoras. Na maioria, chamavam reportagens preocupantes – as crises políticas e econômicas, o drama dos imigrantes que fogem para a Europa ou o avanço do zika vírus no mundo. Esse aspecto pessimista do jornalismo tem um fundamento: a imprensa é um dos canais pelos quais a população é alertada dos problemas e dos desafios que devem ser enfrentados e vencidos.

Pois bem. O GE BIOLOGIA tem uma pegada jornalística – os temas de cada capítulo são abordados a partir de fatos da atualidade. Portanto, não foge à regra do jornalismo. Das seis reportagens desta edição, quatro falam de preocupações: o aquecimento global, o avanço do zika vírus no Brasil e no mundo, as desigualdades entre homens e mulheres e acidentes ambientais. Mas as outras duas falam de avanços da ciência – o que é sempre uma notícia bem-vinda. Nossa intenção é que você compreenda como, por trás de diversos acontecimentos no Brasil ou no mundo, existe um toque da ciência que estuda a vida.

As aulas foram elaboradas e os exercícios, selecionados pela professora Adelaide Ferreira Marsiglio, do Colégio Objetivo de São Paulo, com conteúdo mastigado e explicado passo a passo. A equipe da redação do GUIA DO ESTUDANTE se encarregou de lapidar os textos, distribuir o material pelas páginas, elaborar ilustrações e selecionar fotos. Tudo para você tirar as dúvidas e relembrar conceitos importantes da biologia e, depois, ter uma boa notícia diante da lista de aprovados.

➲ *A redação*

8 EM CADA 10 APROVADOS NA USP USARAM e

SELO DE QUALIDADE
GUIA DO ESTUDANTE

O selo de qualidade acima é resultado de uma pesquisa realizada com 351 estudantes aprovados em três dos principais cursos da Universidade de São Paulo no vestibular 2015. São eles:

→ DIREITO, DA FACULDADE DO LARGO SÃO FRANCISCO;
→ ENGENHARIA, DA ESCOLA POLITÉCNICA; e
→ MEDICINA, DA FACULDADE DE MEDICINA DA USP

⊙ **8** em cada **10** entrevistados na pesquisa usaram algum conteúdo do GUIA DO ESTUDANTE durante sua preparação para o vestibular

⊙ Entre os que utilizaram versões impressas do GUIA DO ESTUDANTE:
88% disseram que os guias ajudaram na preparação.
97% recomendaram os guias para outros estudantes.

e Guia do Estudante

TESTADO E APROVADO!

A pesquisa quantitativa por meio de entrevista pessoal foi realizada nos dias 11 e 12 de fevereiro de 2015, nos campi de matrícula dos cursos de Direito, Medicina e Engenharia da Universidade de São Paulo (USP).

→ Universo total de estudantes aprovados nesses cursos: 1.725 alunos.
→ Amostra utilizada na pesquisa: 351 entrevistados.
→ Margem de erro amostral: 4,7 pontos percentuais.

Sumário

Biologia
VESTIBULAR + ENEM
2017

GLOSSÁRIO

8 Os principais conceitos que você encontra nesta publicação

GRANDES PASSOS DA BIOLOGIA

10 Uma linha do tempo com os grandes avanços das ciências naturais, a partir do século XVII

1

CITOLOGIA

12 **Força-tarefa contra o zika** A água poluída é uma ameaça à saúde dos atletas de vela e windsurf dos Jogos Olímpicos
14 **Seres vivos** As estruturas básicas que compõem organismos acelulares, unicelulares e pluricelulares
16 **Células** Infográfico: os elementos principais das células procarióticas e eucarióticas
18 **Núcleo, DNA e cromossomos** Como se organiza e funciona o centro de controle das células
22 **Divisão celular** Os processos de multiplicação das células
24 **Acelulares, unicelulares e pluricelulares** Microrganismos como vírus, bactérias e fungos
27 **Imunologia, vacinas e soros** O sistema imunológico e as drogas que acionam ou reforçam a defesa do corpo humano
30 **Como cai na prova + Resumo** Questões comentadas e síntese da seção

2

GENÉTICA

32 **Benefícios e riscos de alterar os genes** Surgem novas promessas para a terapia gênica. Mas a ética impõe seus próprios limites
34 **As Leis de Mendel** As regras da hereditariedade que abriram os estudos no campo da genética
38 **Tipos sanguíneos** O sistema ABO e o fator Rh
41 **Herança ligada ao sexo** Os cromossomos sexuais e as características transmitidas por eles
44 **Biotecnologia** Os mecanismos desenvolvidos pela ciência para alterar características dos seres vivos
48 **Como cai na prova + Resumo** Questões comentadas e síntese da seção

3

EVOLUÇÃO

50 **O gorila e a evolução do homem** Os genes que podem explicar a maior complexidade do organismo humano
52 **História da vida** Infográfico: como surgiram os milhões de espécies que habitam o planeta
54 **Origem da vida** Dos compostos químicos primordiais às células
56 **Lamarck e Darwin** As duas grandes teorias da evolução
59 **Neodarwinismo** A reforma da teoria da seleção natural no século XX
62 **Como cai na prova + Resumo** Questões comentadas e síntese da seção

4

BIOLOGIA ANIMAL

64 **A diferença que o sexo não faz** As poucas diferenças biológicas entre homens e mulheres não explicam a desigualdade entre eles e elas
66 **Árvore da vida** Infográfico: a árvore filogenética, que mostra o parentesco entre todos os seres vivos
68 **Classificação científica** Como é definido o lugar que cada organismo ocupa na linha de evolução
70 **Invertebrados** As características dos seres sem coluna vertebral
72 **Vertebrados** Os animais que se sustentam com uma coluna vertebral
75 **Fisiologia animal** Os mecanismos que garantem o funcionamento do organismo humano e de outros animais
85 **Parasitoses humanas** Doenças causadas pelos microrganismos
88 **Como cai na prova + Resumo** Questões comentadas e síntese da seção

5

BIOLOGIA VEGETAL

90 **Tudo combinado para controlar o clima** Novo acordo alinha os países no combate ao aquecimento global
92 **Metabolismo vegetal** Infográfico: os processos vitais das plantas
96 **Relações hídricas** Como a célula vegetal absorve e libera água
98 **Evolução das plantas** Como de uma alga verde ancestral os vegetais evoluíram para organismos complexos
102 **Como cai na prova + Resumo** Questões comentadas e síntese da seção

6

ECOLOGIA

104 **O meio ambiente no fio da navalha** A série de desastres em Cubatão é exemplo da importância do equilíbrio ecológico
106 **Relações ecológicas** Infográfico: como as diversas espécies convivem
108 **Conceitos principais** A hierarquia em que se organizam os seres vivos
112 **Relações harmônicas e desarmônicas** Como os organismos competem pelos recursos do meio em que vivem
114 **Ciclos biogeoquímicos** A reciclagem das substâncias essenciais à vida
116 **Poluição** A história de acidentes ambientais na cidade de Cubatão
118 **Como cai na prova + Resumo** Questões comentadas e síntese da seção

RAIO-X

120 As características dos enunciados das questões que costumam cair nas provas do Enem e dos principais vestibulares

SIMULADO

122 63 questões e resoluções passo a passo

Conceitos básicos

Os principais termos que você precisa saber ao estudar biologia

A

ÁCIDOS NUCLEICOS
Macromoléculas, sequências de nucleotídeos que constituem o DNA e o RNA.

ALELOS
Num par de cromossomos homólogos, são os dois genes que definem uma mesma característica e ocupam a mesma região (locus gênico).

AMINOÁCIDO
Composto que tem um grupo amino (NH_2) e um grupo carboxílico (COOH).

ANALOGIA PURA
É a semelhança morfológica entre órgãos de animais que evoluíram por caminhos diferentes. A analogia pura é típica da **convergência adaptativa**. Por exemplo: as nadadeiras de um tubarão (peixe) e as de um golfinho (mamíferos).

B

BASES NITROGENADAS
Componentes do DNA (**adenina**, **guanina**, **citosina** e **timina**) e do RNA, que determinam o código genético. No RNA, a timina é substituída pela **uracila**.

BIOMASSA
É toda matéria orgânica que pode transferir energia.

BLASTOCISTO
É a fase inicial de desenvolvimento do embrião, em que todas as células são **células-tronco** totipotentes.

C

CARBOIDRATOS
Grupo de compostos que têm como estrutura geral a composição $(CH_2O)_n$.

CÉLULA EUCARIÓTICA
Tem diversas organelas no citoplasma e o material genético (DNA) guardado num núcleo separado. Todos os vegetais e animais, a maioria das algas, os fungos e os protozoários são **eucariontes**.

CÉLULA PROCARIÓTICA
Célula primitiva, sem núcleo definido, que tem o DNA solto no citoplasma e uma única organela, o ribossomo. Organismos **procariontes** são sempre unicelulares.

CÉLULAS GERMINATIVAS
São as responsáveis pela reprodução, que se dividem para criar os gametas (células sexuais).

CÉLULAS SOMÁTICAS
São as células que formam os tecidos do corpo, menos os responsáveis pela reprodução (gametas).

CÉLULAS-TRONCO
São células não especializadas, que podem assumir qualquer função em um organismo.

CICLO DE VIDA
É a série de eventos por que passa um ser vivo, envolvendo a reprodução. Todo ser vivo – seja um organismo de vida livre, seja um parasita – tem um ciclo de vida característico.

CICLO BIOGEOQUÍMICO
É o caminho percorrido na natureza pelos elementos essenciais à vida no planeta. Seguem esse ritmo o carbono, o oxigênio, a água e o nitrogênio.

CÓDIGO GENÉTICO
É a linguagem que determina a ordem na qual os aminoácidos são ligados para produzir as proteínas.

CONVERGÊNCIA ADAPTATIVA
Acontece quando animais de grupos de parentesco distante têm morfologia semelhante não em razão da herança de um ancestral comum, mas da adaptação ao meio. É o inverso de **irradiação adaptativa**.

CROMOSSOMO
Forma espiralada em que o DNA se condensa, no início da divisão celular.

D

DIPLOIDE (2N)
É a célula em que os cromossomos aparecem em pares (**cromossomos homólogos**), com genes de mesma função nos mesmos trechos. As células somáticas da maioria dos animais são diploides. Nos vegetais, a fase diploide se alterna com a haploide.

E

ESPECIAÇÃO
Processo de criação de uma espécie animal ou vegetal pela diferenciação de um grupo de indivíduos de uma população, por isolamento geográfico e reprodutivo.

EUTROFIZAÇÃO
É a proliferação excessiva de algas e bactérias, causada pela alta concentração de material que serve de nutriente para esses organismos.

ÉXON
Trecho do gene que codifica uma proteína.

F

FENÓTIPO
Expressão de alguma característica definida por um grupo de genes (genótipo).

FOTOSSÍNTESE
Processo pelo qual os vegetais usam a energia da luz solar numa série de reações químicas que transformam água e CO_2 em glicose e oxigênio.

FLUXO DE ENERGIA
É o sentido em que a energia é transmitida entre os seres vivos, em toda a cadeia alimentar.

G

GENE
Qualquer segmento do DNA que define a síntese de uma proteína. Pode ser chamado também de **cístron**.

GENÓTIPO
Conjunto de genes que definem determinada característica de um indivíduo.

H

HAPLODIPLOBIONTE, ou **METAGÊNESE**
É o ciclo de vida das plantas, que passam por uma geração haploide e outra diploide. Característico de todos os vegetais, que alternam reprodução assexuada com sexuada.

HAPLOIDE (N)
Célula que contém um único cromossomo de cada tipo. Gametas e esporos de vegetais são haploides.

HERANÇA LIGADA AO SEXO, ou **HERANÇA LIGADA AO CROMOSSOMO X**
É aquela em que o caráter é transmitido para os filhos por genes que se encontram numa região não homóloga do cromossomo X. Filhos de ambos os sexos recebem os genes, mas os homens têm maior probabilidade de desenvolver o fenótipo.

HERANÇA RESTRITA AO SEXO, ou **HERANÇA HOLÂNDRICA**
É aquela em que uma característica é transmitida apenas do pai para os filhos do sexo masculino.

HOMOLOGIA
Ocorre entre estruturas que têm a mesma origem mas que assumem funções diversas, como as asas de um morcego e os membros anteriores dos macacos.

I

ÍNTRON
Trecho do gene que não codifica nenhuma proteína.

IRRADIAÇÃO ADAPTATIVA
Ocorre quando grupos de parentesco próximo conquistam novos ambientes e, por adaptação, têm alguma de suas características originais alterada.

M

MEIOSE
Mecanismo de divisão próprio das células germinativas, na criação dos gametas: cada célula-filha carrega metade dos cromossomos da célula-mãe.

MITOSE
Divisão celular própria dos unicelulares e das células somáticas: uma célula divide-se ao meio e gera duas células filhas com material genético idêntico.

N

NÍVEL TRÓFICO
Cada uma das etapas de uma cadeia alimentar.

NUCLEOTÍDEOS
Moléculas formadas por um grupo fosfato, um açúcar de cinco carbonos e uma base nitrogenada, que compõem a estrutura dos ácidos nucleicos.

O

OOSFERA
É o gameta feminino dos vegetais (correspondente ao óvulo nos mamíferos).

ÓVULO
Tem dois sentidos: entre os animais, é o gameta feminino. Entre os vegetais, é um órgão do aparelho reprodutor de gimnospermas e angiospermas.

P

PARTENOGÊNESE
Desenvolvimento de um óvulo não fecundado, que gera um adulto haploide.

PIRÂMIDE DE BIOMASSA
Representa a quantidade de matéria orgânica transferida de um nível trófico a outro, numa cadeia alimentar. A quantidade de energia disponível a cada nível trófico é proporcional à quantidade de biomassa.

PROTEÍNA
Sequência de aminoácidos sintetizada no citoplasma segundo uma ordem estabelecida pelo DNA.

R

REPLICAÇÃO SEMICONSERVATIVA
Duplicação do DNA na qual uma das fitas provém da molécula- mãe e a outra é nova.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA
Aquela em que um organismo, sozinho, transfere todo o material genético para outro. Esse tipo de reprodução gera um **clone**.

REPRODUÇÃO SEXUADA
Aquela em que um organismo é gerado pela combinação do material genético de dois pais.

RESPIRAÇÃO
É a quebra de moléculas de glicose (açúcar) para a obtenção de energia. Quando essa quebra envolve oxigênio, falamos em **respiração aeróbica**. Sem oxigênio, é **anaeróbica** (ou **fermentação**).

S

SPLICING
Limpeza que a molécula de RNA-mensageiro sofre no código copiado do DNA, para eliminar os trechos que não codificam proteínas (os íntrons).

SUCESSÃO ECOLÓGICA
É um processo pelo qual os seres vivos se instalam numa região, gradualmente, colonizando-a.

T

TRADUÇÃO
Decodificação, pelo ribossomo, dos códigos do RNA-mensageiro para a síntese de proteínas.

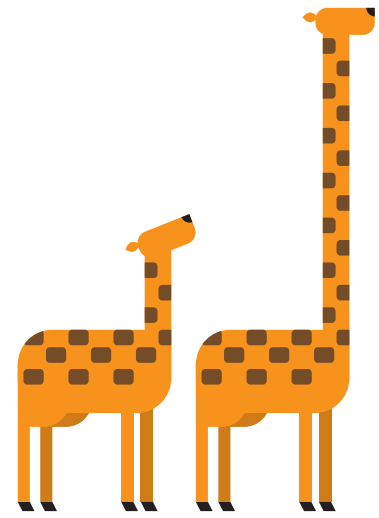
TRANSCRIÇÃO
Processo pelo qual os códigos genéticos do DNA são copiados no RNA.

iSTOCK

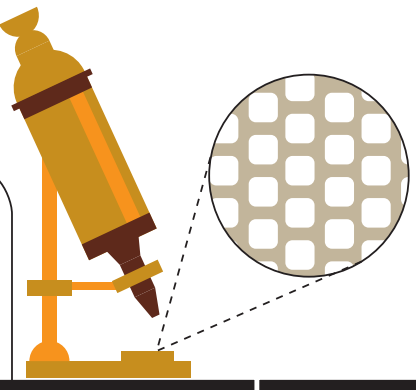
Grandes passos da biologia

O homem vasculha os mistérios da natureza desde a Antiguidade. Mas os maiores avanços das ciências biológicas ocorreram a partir dos anos 1600, particularmente depois da invenção do microscópio. Equipamentos cada vez mais potentes e descobertas sobre a diversidade biológica em diferentes partes do planeta levaram a novas teorias que explicam a vida na Terra

BOTÂNICA
EVOLUÇÃO
CITOLOGIA
GENÉTICA
ECOLOGIA
ZOOLOGIA

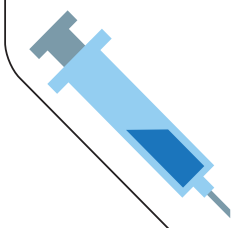


1665
Usando um microscópio primitivo, o inglês Robert Hooke faz a primeira **descrição de uma célula** (*veja mais sobre células no capítulo 1*)



1758
O sueco Carlos Lineu apresenta um sistema de **classificação dos seres vivos**, dividindo-os em gêneros e espécies (*veja classificação de animais e vegetais nos capítulos 4 e 5*)

1798
O médico inglês Edward Jenner desenvolve a primeira **vacina**, contra a varíola (*veja mais sobre vacinas no capítulo 1*)

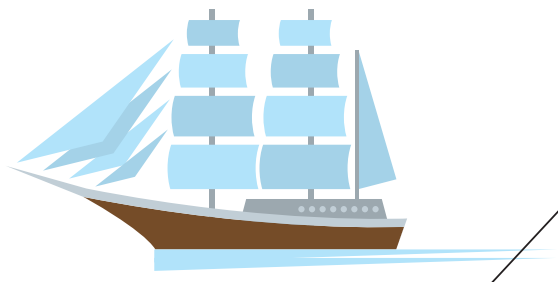


1809
Jean-Baptiste Lamarck apresenta a primeira **teoria evolucionista**, baseada na lei do uso e desuso e na herança de caracteres adquiridos (*veja no capítulo 3*)

1830
O inglês Charles Lyell populariza a ideia de que a superfície da Terra sofre alterações lentas e constantes. A geologia abre espaço para as teorias evolucionistas

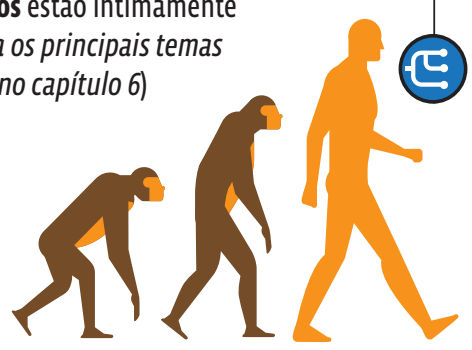
1650 | 1700 | 1800

1674
O holandês Anton van Leeuwenhoek aperfeiçoa os microscópios e torna visíveis corpos minúsculos, como **bactérias** (*veja mais sobre bactérias no capítulo 1*)



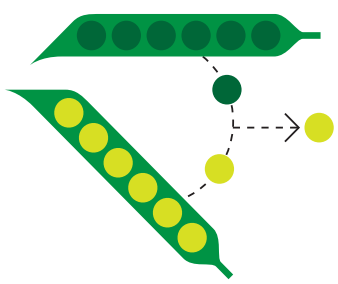
1799
Alexander von Humboldt inicia uma expedição de cinco anos pela América Latina. Na volta, ele publica a ideia de que o **meio ambiente e os seres vivos** estão intimamente ligados (*veja os principais temas de ecologia no capítulo 6*)

1865
Louis Pasteur desenvolve um método de descontaminação, a **pasteurização**. E o cirurgião Joseph Lister aplica os conhecimentos de Pasteur para eliminar os microrganismos que infectam feridas (*veja mais sobre parasitoses e parasitas nos capítulos 4 e 6*)

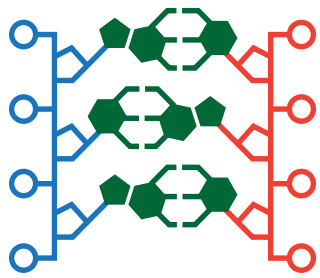


1865
Charles Darwin publica a ideia de que todas as espécies descendem de um ancestral comum. A evolução é definida pelo processo de **seleção natural** (*veja no capítulo 3*)

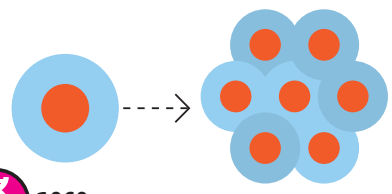
1866
Ao cruzar ervilhas, o monge Gregor Mendel desvenda as **leis da hereditariedade**. Seu trabalho só seria reconhecido décadas depois (*veja as leis de Mendel no capítulo 2*)



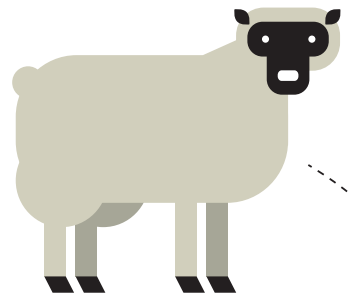
1866
O alemão Ernst Haeckel lança uma das primeiras obras que analisam a vida de comunidades vegetais e animais e sua relação com o meio ambiente (*veja ecologia, no capítulo 6*)



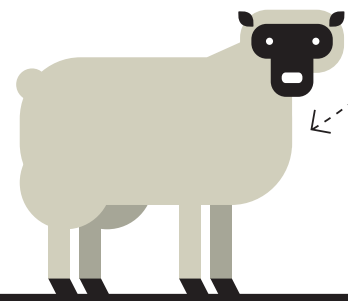
1953
Francis Crick e James Watson desvendam a estrutura química da molécula de **DNA** (*veja no capítulo 1*)



1960
James Till e Ernest McCulloch iniciam a publicação de uma série de trabalhos científicos que comprovam a existência e as funções das **células-tronco** (*veja mais no capítulo 2*)

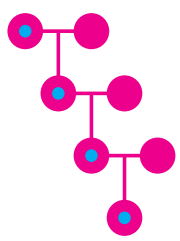


1996
O escocês Ian Wilmut cria o primeiro **clone** de um mamífero, a ovelha Dolly (*veja clonagem no capítulo 2*)



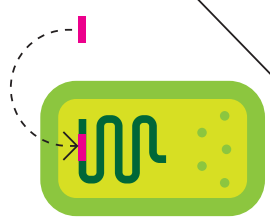
1900

2000



1909
O que Gregor Mendel chamou de "fator hereditário" o botânico Wilhelm Johannsen batiza de **gene**, a unidade responsável pela transmissão de caracteres a cada geração (*veja no capítulo 2*)

1928
Alexander Fleming cria a **penicilina** ao perceber que o fungo *Penicillium* produz uma substância com propriedades de matar bactérias



1973
Herbert Boyer e Stanley Cohen criam o primeiro organismo **transgênico**, inserindo genes de resistência a antibióticos numa bactéria (*veja temas de biotecnologia no capítulo 2*)

2003
Dois grupos de pesquisa concluem o sequenciamento do **genoma humano**

MÁRIO KANNO/MULTISP

1

CITOLOGIA

CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO

- *Seres vivos* 14
- *Células* 16
- *Núcleo, DNA e cromossomos* 18
- *Divisão celular* 22
- *Acelulares, unicelulares e pluricelulares* 24
- *Imunologia, vacina e soros* 27
- *Como cai na prova + Resumo* 30

Força-tarefa contra o zika

A doença infecciosa, até há alguns anos restrita à África, espalha-se por diversas regiões do planeta e coloca cientistas e autoridades em alerta contra o vírus e o mosquito vetor

O mundo declarou guerra total contra um inimigo minúsculo, mas poderoso: o mosquito *Aedes aegypti*. Não bastasse infectar a população com o vírus da dengue e do chikungunya, o inseto nefasto tornou-se vetor, também, do vírus causador da febre do zika. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), entre 2015 e 2016, 40 países registraram casos autóctones – ou seja, pessoas infectadas na própria região em que vivem. A maioria está na América Latina, e o Brasil é campeão de casos suspeitos. Segundo o Ministério da Saúde, o vírus zika já pode ter infectado quase 1,5 milhão de pessoas.

A maior preocupação com o zika vírus são as graves sequelas. Estudos brasileiros, confirmados por pesquisadores norte-americanos e endossados pela OMS, mostram que o zika é causa de malformação do cérebro de fetos. Com isso, bebês nascidos de mães que foram contaminadas nascem com cérebro de tamanho dramaticamente reduzido (microcefalia), o que compromete diversas funções neurológicas. Nesse caso, o vírus é transmitido ao feto, pela placenta. Os estudos também concluem que o zika gera a síndrome de Guillain-Barré – uma reação do organismo a agentes infecciosos, como vírus e bactérias em geral, que afeta os músculos, inclusive os respiratórios. O caminho da contaminação também preocupa. Pesquisas apontam que a contaminação pode se dar por contato sexual, como o que ocorre com o HIV, causador da aids.

O zika vírus foi identificado em meados dos anos 1970 em Uganda. E por muitos anos seu hábitat se limitou ao continente africano. Seus efeitos foram identificados no Brasil em 2015, mas estudos genéticos mostram que o agente patogênico desembarcou no Brasil trazido por algum viajante vindo de arquipélagos do Oceano Pacífico. O crescimento no número de casos autóctones em diversos países indica que o vírus adapta-se rapidamente a diferentes condições ambientais, e que os mosquitos do gênero *Aedes* estão em franca disseminação – acredita-se que devido às mudanças climáticas, que tornam mais quentes algumas regiões do globo. Tanto é que o *Aedes albopictus*, primo do *A. aegypti*, colonizou 20 países do sul da Europa, desde 1990.

Neste capítulo você lê sobre as células e suas estruturas. Vê, também, a diferença entre seres pluricelulares, como vegetais e animais, e unicelulares, como bactérias.

ARTILHARIA PESADA

Além de campanhas contra o acúmulo de água que sirva de criadouro do *Aedes aegypti*, o poder público tem combatido o mosquito diretamente, pela aplicação de veneno

LUIZ SOUZA/iSTOCK

O que é a vida, afinal?

Em 1943, o físico e ganhador do Prêmio Nobel Erwin Schrödinger, um dos fundadores da mecânica quântica, fez uma série de palestras em Dublin, na Irlanda, sobre os fenômenos envolvidos nos processos que geram e mantêm a vida. Schrödinger falou na química e na física no mundo microscópico das células. Essas palestras tiveram grande influência na pesquisa de James Watson e Francis Crick e estão na base da descoberta da estrutura do DNA, a molécula de perpetuação da vida (*veja mais sobre DNA na pág. 19*). Mas vida não é, com certeza, apenas uma sequência de reações bioquímicas.

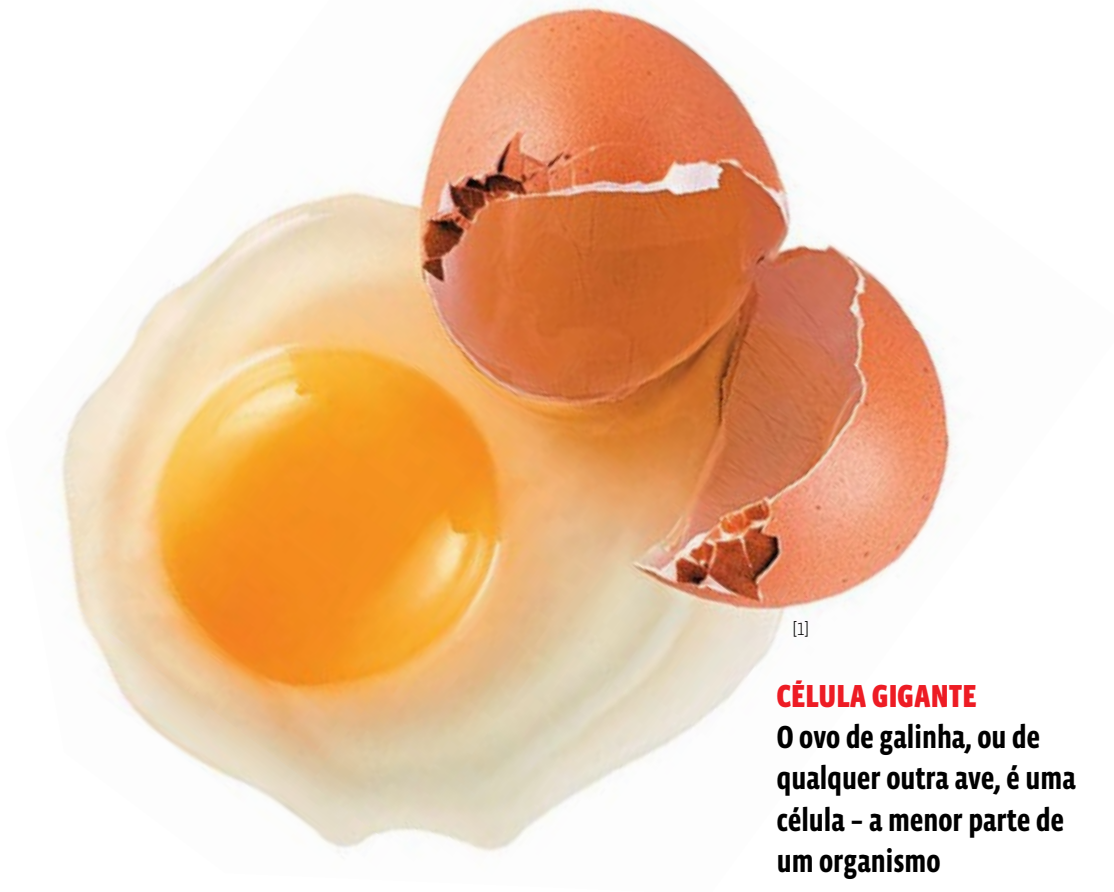
Definir vida não é fácil. Mas, de um modo prático, para que um ser seja considerado vivo, ele deve ter as seguintes características:

- Ser composto de moléculas orgânicas, cuja composição se baseia nos elementos carbono e hidrogênio, combinados com oxigênio e nitrogênio, e se dissolver em água;
- Apresentar metabolismo, ou seja, realizar um conjunto de reações químicas que envolvem síntese e degradação de moléculas, com consumo e liberação de **energia**;
- Ter capacidade de reprodução, transmitindo características para seus descendentes.

Só para dar uma ideia da complexidade do assunto, nem esta definição está livre de críticas. O problema é que os vírus – como o HIV, causador da aids – não atendem a todos esses requisitos. É feito de moléculas orgânicas, sim, mas só pode se reproduzir e fazer metabolismo se invadir outra célula. Por isso, para muitos cientistas, o vírus não se encaixa nem na categoria de ser vivo nem na de ser não vivo (*veja mais sobre vírus na pág. 25*).

Moléculas orgânicas

Moléculas orgânicas são aquelas compostas basicamente de carbono e hidrogênio, sintetizadas pelos seres vivos. Reconhecemos quatro tipos principais de molécula orgânica: proteínas, açúcares, lipídeos e ácido nucleico.



[1]

CÉLULA GIGANTE
O ovo de galinha, ou de qualquer outra ave, é uma célula – a menor parte de um organismo

Polímeros são compostos formados de unidades que se repetem. Além das proteínas, formadas por sequência de aminoácidos, são polímeros também os polissacarídeos, açúcares constituídos por monossacarídeos, e os ácidos nucleicos, formados por cadeias de nucleotídeos. ►

◄ A **energia** necessária para os processos bioquímicos das células é absorvida do meio ambiente – da luz solar ou dos alimentos – e transformada em energia utilizável pelo processo de respiração celular.

Proteínas

São **polímeros** de **aminoácidos**, compostos que apresentam um grupo amino (NH_2) e um grupo carboxílico (COOH). O que diferencia uma proteína de outra é a sequência de aminoácidos. E essa sequência é determinada pelos genes de cada ser vivo. Ou seja, o DNA é que comanda a síntese de proteínas. Essas substâncias exercem diversas funções no organismo. De acordo com a função desempenhada, as proteínas são classificadas como:

- **TRANSPORTADORAS:** proteínas da membrana plasmática que auxiliam no transporte de moléculas para dentro e para fora da célula. A hemoglobina é uma proteína que carrega gases respiratórios no sangue.
- **CATALISADORAS:** são as enzimas, proteínas que facilitam e aceleram as reações químicas específicas dentro das células.
- **ANTICORPOS:** são as proteínas que têm a função de defender o organismo.
- **REGULADORAS:** alguns hormônios são proteínas. São substâncias que emitem ordens a diferentes partes do organismo, como a insulina.
- **ESTRUTURAIS:** são proteínas responsáveis pela estrutura dos tecidos, como o colágeno e a elastina da pele e a queratina dos cabelos e das unhas.
- **CONTRÁTEIS:** são proteínas responsáveis pela contração das fibras musculares, como a actina e miosina.

DOÇURA NATURAL A frutose, existente nas frutas, é um tipo de monossacarídeo [2]

Açúcares

Ou **carboidratos**, constituem um grupo de compostos que têm como estrutura geral a composição $(CH_2O)_n$. Quando esses compostos são pequenos, o açúcar é chamado de monossacarídeo. É o caso da glicose, frutose e galactose. Quando a sequência de compostos é longa, o açúcar é chamado de polissacarídeo – a quitina, o amido, a celulose e o glicogênio. Os monossacarídeos têm a função básica de fornecer energia para as atividades metabólicas da célula. Os polissacarídeos podem ter função estrutural, como a quitina, que dá forma ao exoesqueleto dos artrópodes, e a celulose, na parede celular dos vegetais.

Lipídeos

São compostos orgânicos de estrutura variada e insolúveis em água. Os mais comuns são os chamados triglicerídeos. Lipídeos funcionam como reserva energética importante para todo organismo e são fundamentais para a sintetização de hormônios sexuais, como o estrógeno e a testosterona.

[3]

MANTEIGA OU MAIONESE? Não importa. É tudo lipídeo – gordura animal ou vegetal, fundamental para a síntese de alguns hormônios

Ácidos nucleicos

São polímeros formados pelo encadeamento de **nucleotídeos**, moléculas formadas por um grupo fosfato, um açúcar de cinco carbonos e uma base nitrogenada. Os ácidos nucleicos estão relacionados com a manutenção das informações genéticas, no DNA, e com a síntese de proteínas, no RNA (*veja mais sobre DNA e RNA na pág. 19*).

Tanto os aminoácidos quanto as bases nitrogenadas dos nucleotídeos levam nitrogênio em sua composição. Daí esse elemento químico ser extremamente importante para os seres vivos. É encontrado na atmosfera, na forma de gás (N_2), e só pode ser utilizado na forma de nitrato (NO_3). A transformação de N_2 em NO_3 é realizada por bactérias fixadoras e nitrificantes (*veja no capítulo 6*).

Solvente universal

Quando astrofísicos e astrobiólogos procuram vida em outro mundo, como em Marte ou numa das luas de Júpiter ou Saturno, eles buscam inicialmente por água. É que, até onde se sabe, só esse composto reúne propriedades que permitem o desenvolvimento de seres vivos: é líquida à temperatura ambiente da Terra e suas moléculas se orientam segundo um campo elétrico; dissolve vários tipos de substância, como sais e açúcares; facilita as interações químicas entre diferentes substâncias; e dá às células uma estrutura coloidal (gelatinosa) organizada. Por fim, a água apresenta um alto **calor específico**, o que evita variações bruscas de temperatura. Com isso, facilita a homeostase, propriedade dos seres vivos de manter as condições internas estáveis e ideais para o metabolismo.

Calor específico é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 grama de uma substância em 1 grau Celsius. O calor específico da água é de 1 caloria por grama, ou seja, para aquecer 1 grama de água em 1 grau Celsius é necessária 1 caloria.

SAIBA MAIS

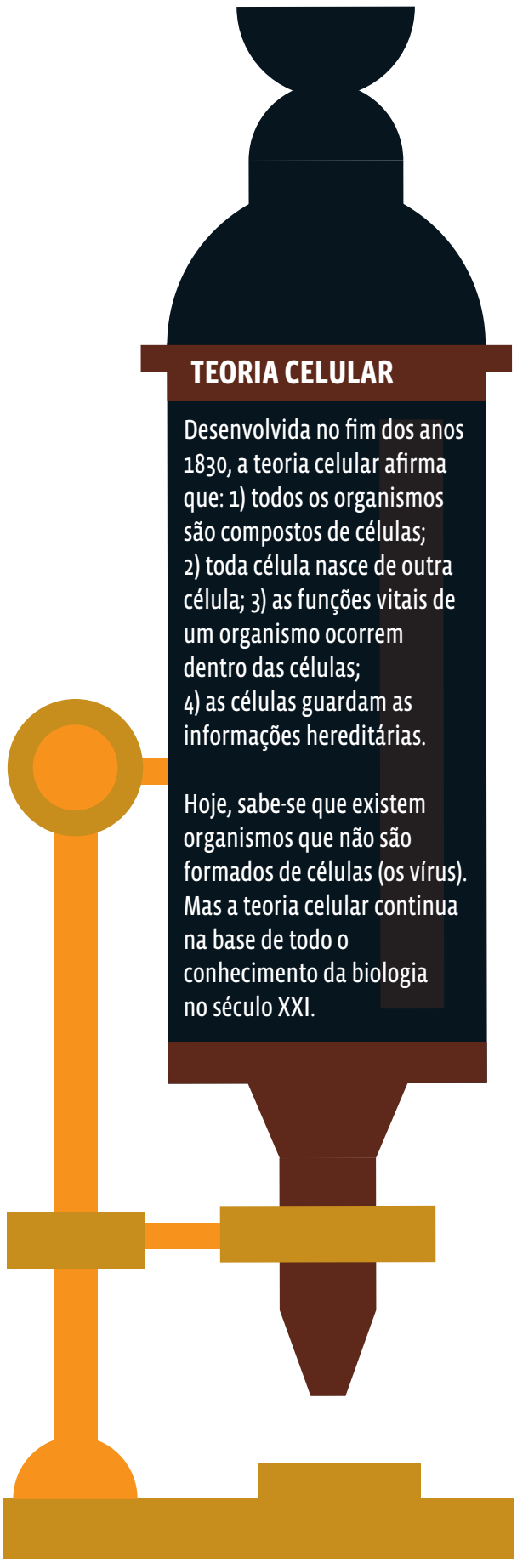
AMINOÁCIDO EM FRASCO

Suplementos proteicos como o desta foto nada mais são do que aminoácidos. A sigla BCAA vem de "aminoácidos em cadeia ramificada", em inglês, e refere-se à cadeia dos aminoácidos leucina, isoleucina e valina, importantes na formação das proteínas das fibras musculares.

[1][3] ALEX SILVA [2] ANTONIO RODRIGUES [4] DIVULGAÇÃO

O tijolo dos organismos

A palavra célula significa pequena cela. Esse foi o nome que Robert Hooke deu às minúsculas estruturas que ele viu quando observava lâminas de cortiça sob um microscópio, no século XVII. As células são como usinas que fazem todas as operações fundamentais à sobrevivência de um organismo



TEORIA CELULAR

Desenvolvida no fim dos anos 1830, a teoria celular afirma que: 1) todos os organismos são compostos de células; 2) toda célula nasce de outra célula; 3) as funções vitais de um organismo ocorrem dentro das células; 4) as células guardam as informações hereditárias.

Hoje, sabe-se que existem organismos que não são formados de células (os vírus). Mas a teoria celular continua na base de todo o conhecimento da biologia no século XXI.

TIPOS DE CÉLULA A diferença básica entre elas está na complexidade

CÉLULAS PROCARIÓTICAS

Foram as primeiras a surgir, há bilhões de anos. São células primitivas, de estrutura muito simples. Não têm núcleo separado e o DNA fica solto no citoplasma. Elas possuem apenas uma organela no citoplasma, o ribossomo. Organismos que têm essas células, como bactérias e cianobactérias, são chamados **procariontes**

Membrana plasmática
Existe nos dois tipos de célula. Controla a passagem de substâncias entre os meios intra e extracelular, garantindo a composição constante e ideal dentro da célula

Ribossomos
É a única organela de uma célula procariótica e uma das várias organelas da eucariótica. Os ribossomos são formados por proteínas e por um tipo de ácido nucleico – o RNA ribossômico. Eles são responsáveis pela síntese de proteínas

CÉLULA DE UMA BACTÉRIA

Parede celular
Bactérias e cianobactérias têm uma parede protetora que reveste a membrana plasmática

DNA
Nas células procarióticas, que não têm núcleo definido, o material genético está numa molécula circular de DNA que flutua solta no citoplasma, chamada nucleoide. Nas células eucarióticas, o DNA fica protegido dentro do núcleo

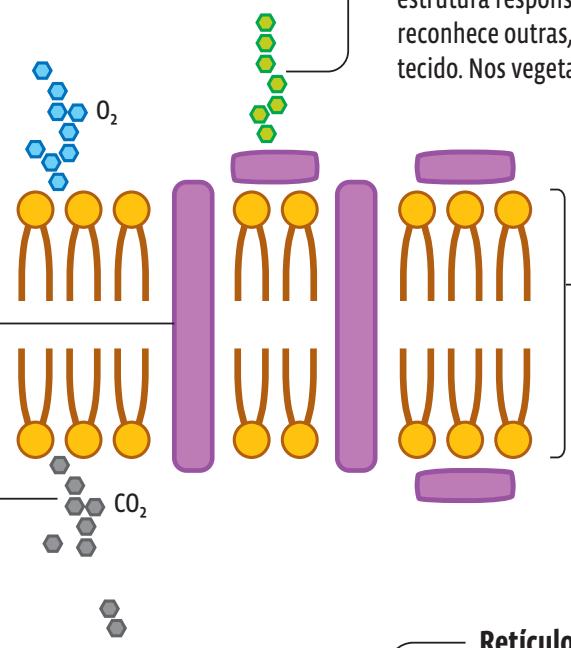
Citoplasma
Nas células procarióticas, a área preenchida pela substância gelatinosa que constitui o "corpo" da célula circunda o DNA e tem apenas os ribossomos como organelas

Flagelo
É como um "chicote", que serve para locomoção. Flagelos são normalmente encontrados em células procarióticas, como bactérias. Mas algumas eucarióticas também têm essa estrutura. É o caso do espermatozoide

CÉLULAS EUCARIÓTICAS

Mais complexas, surgiram mais tarde na evolução da vida. Constituem os organismos **eucariontes**: vegetais, animais, fungos, algas e protozoários. Este tipo de célula tem diversas organelas no citoplasma e o material genético envolvido por membrana e separado em um núcleo

Membrana plasmática
Células animais e vegetais têm membrana plasmática, formada fundamentalmente de fosfolipídios e proteínas. *Veja ao lado*



Glicoproteínas Em conjunto, formam o glicocálix, estrutura responsável pela qual uma célula reconhece outras, semelhantes, de um mesmo tecido. Nos vegetais essa estrutura não existe.

Proteína de canal
Atravessa a membrana, transportando íons e moléculas menores.

Gases As trocas gasosas (CO_2 e O_2) ocorrem por simples difusão, diretamente na camada fosfolipídica.

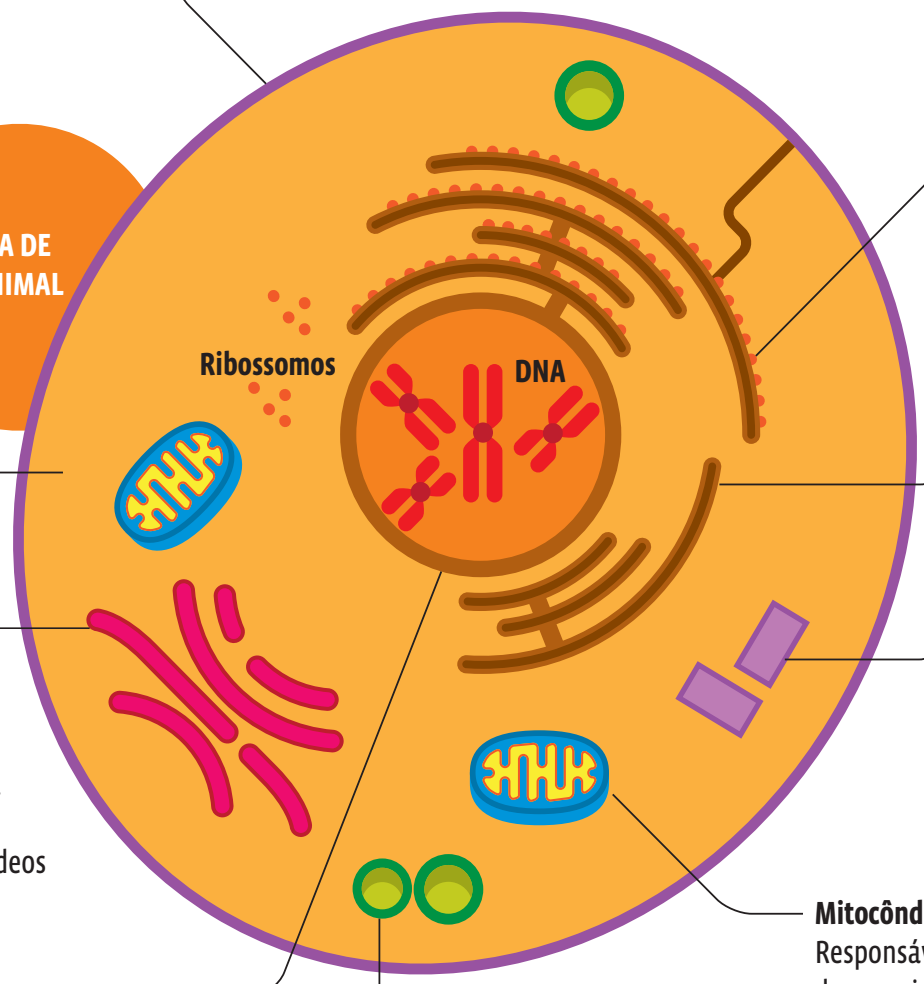
Bicamada fosfolipídica
É uma camada dupla de fosfolipídios, compostos orgânicos que contêm um grupo fosfato.

Retículo endoplasmático rugoso
Estrutura de túbulos atados aos ribossomos, que percorre o citoplasma e compõe a carioteca. As proteínas sintetizadas pelos ribossomos caem no retículo e são transportadas por ele para outras partes da célula

Retículo endoplasmático liso
Longos canais que se espalham pelo citoplasma como uma rede de distribuição. É no retículo que são sintetizados lipídeos e esteróis, como o colesterol nos animais

Centríolos
No geral, cada célula animal tem um par dessas estruturas, responsáveis por criar flagelos e cílios. Os centríolos também participam da divisão celular (*veja na pág. 23*)

CÉLULA DE UM ANIMAL



Citoplasma
Circunda o núcleo e abriga diversas organelas

Complexo de Golgi
Ou complexo golgiense, é a organela que processa, empacota e armazena substâncias secretadas pela célula, como proteínas, glicoproteínas e polissacarídeos

Núcleo
É onde fica guardado o material genético da célula – as moléculas de DNA. Nas células eucarióticas, o núcleo é separado do citoplasma por uma membrana chamada carioteca (*veja mais sobre núcleo na pág. 18*)

Lisossomos
Vesículas que fazem a digestão e a limpeza celular. Suas enzimas degradam moléculas grandes e organelas envelhecidas

Mitocôndria
Responsável pela respiração celular e pelo fornecimento de energia. A matriz mitocondrial é uma substância com material genético (DNA) e RNA. O DNA mitocondrial é diferente do DNA existente no núcleo celular e é transmitido 100% pela mãe. A mitocôndria também sintetiza suas próprias proteínas, por meio de ribossomos exclusivos.

MÁRIO KANNO/MULTISP

Centro de controle

Todo ovo é uma célula. A gema do ovo de galinha é uma das raras células visíveis a olho nu. E, como é uma célula eucariótica, tem diferenciado o núcleo, minúsculo e invisível a olho nu, em meio ao citoplasma amarelo, ou seja, a gema.

O **núcleo** é uma parte importantíssima da célula. É nele que ficam guardados os genes, que carregam as informações fundamentais para o funcionamento da célula e, por consequência, de todo o organismo. São os genes, também, que transmitem as características da espécie, de uma geração a outra, na reprodução. Em outras palavras, o núcleo é o centro de controle da célula (*veja ao lado*).

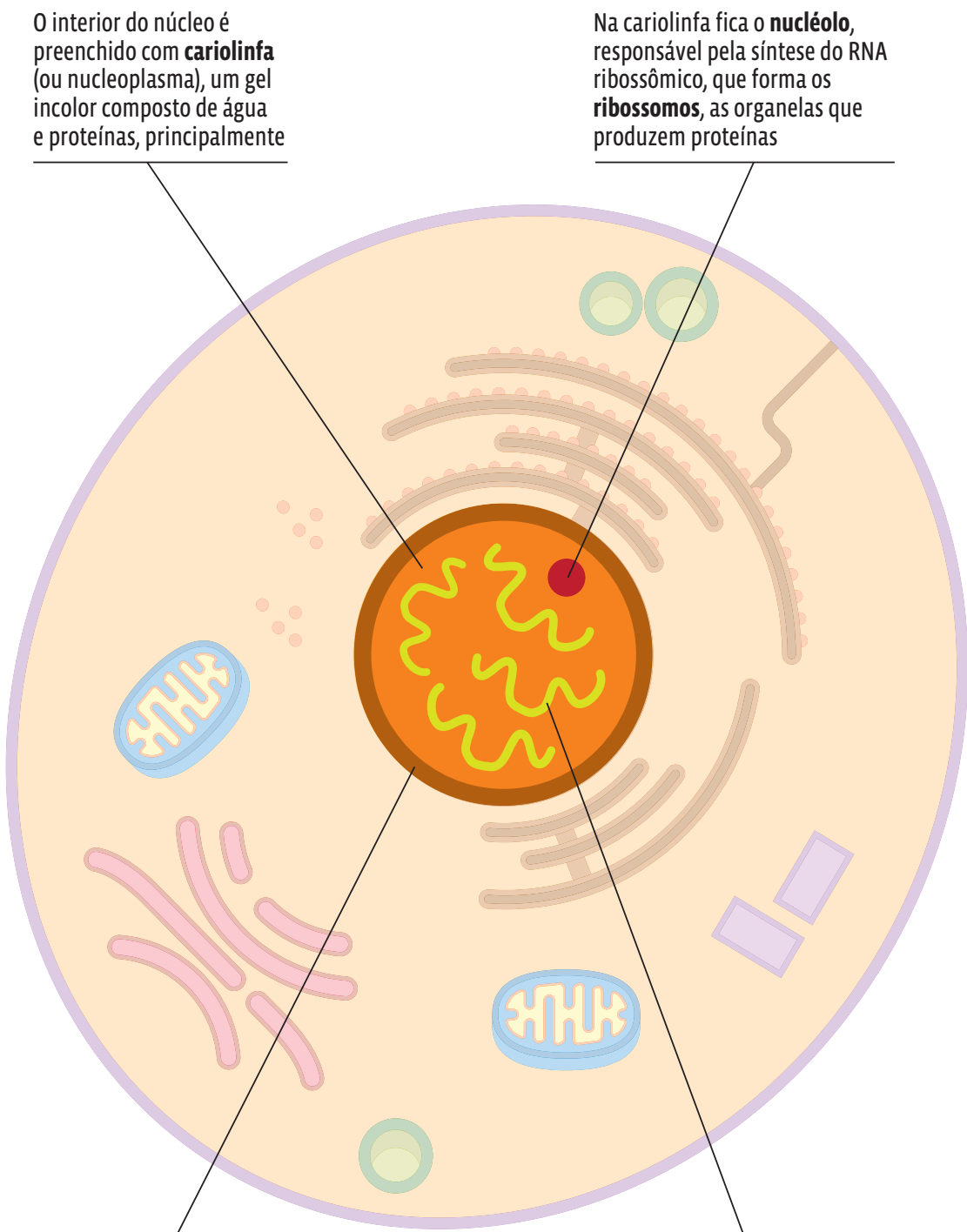
Cromossomos

É a forma espiralada em que o DNA se condensa, no início da divisão celular. O conjunto de características dos cromossomos de uma espécie é chamado **cariótipo**. Cada espécie tem um número fixo de cromossomos no núcleo de todas as células somáticas, ou seja, aquelas que não são reprodutivas.

Na maioria dos seres vivos, as **células somáticas** são **diploides**, isto é, os cromossomos aparecem em pares compostos de cromossomos **homólogos**. Isso significa que os cromossomos de um par apresentam genes para as mesmas características, nos mesmos trechos de DNA (o chamado **locus gênico**). Indicamos que uma célula é diploide pela anotação **2n**.

O NÚCLEO EM DETALHES

As estruturas que guardam as informações genéticas dentro de cada célula



HAPLOIDE OU DIPLOIDE

Os cromossomos podem vir em par ou sozinhos

Em seres mais simples, como musgos, algumas algas e alguns fungos, as células têm apenas um cromossomo de cada tipo. Essas células são chamadas de **haploides** (**n**). Gametas de animais e esporos de plantas também são haploides.

Os dois ácidos nucleicos

DNA é a sigla que designa o **ácido desoxirribonucleico**, um dos ácidos nucleicos. O outro ácido nucleico é o RNA (**ácido ribonucleico**). São moléculas muito compridas, formadas pelo encadeamento de unidades que se repetem, chamadas **nucleotídeos**. Cada nucleotídeo é composto de três substâncias químicas: fosfato, base nitrogenada e um açúcar de cinco átomos de carbono (pentose). O DNA tem a forma de uma escada em espiral formada de duas cadeias de nucleotídeos. Os corrimãos correspondem aos fosfatos e pentoses, e os degraus são representados pelas bases nitrogenadas, que interligam as duas cadeias. O RNA é formado apenas por uma cadeia de nucleotídeos (*veja abaixo*).

Carteiro químico

Para organizar e comandar o funcionamento de uma célula, o DNA, no núcleo, precisa receber sinais do exterior e enviar ordens para o citoplasma. Essa comunicação é feita por meio da síntese de proteínas, ou seja, da produção de proteínas.

Suponha que você tenha comido um doce. O nível de glicose no sangue aumenta e, para que a glicose seja usada, seu pâncreas deve produzir e secretar o hormônio insulina. A ordem para que isso aconteça parte de alguns genes que estão no DNA, no núcleo das células do pâncreas, e tem de ser transmitida aos ribossomos, que estão no citoplasma, que sintetizarão o hormônio. Quem faz as vezes de carteiro químico é o RNA. Esse ácido nucleico participa das

DUAS MOLÉCULAS DISTINTAS

Uma base nitrogenada e dois tipos de açúcar fazem toda a diferença nas moléculas de DNA e RNA

DNA
A molécula que carrega os genes

RNA
A molécula envolvida na síntese de proteínas

No DNA, os "degraus" que interligam as fitas são formados por **bases nitrogenadas**: **adenina** (A) e **guanina** (G), chamadas purinas, e **citosina** (C) e **timina** (T), as pirimidinas

Essas bases se ligam pelas **pontes de hidrogênio**, sempre numa mesma forma: a adenina à timina e a guanina à citosina

Estas estruturas em fita, que lembram corrimãos, são os **nucleotídeos**, constituídos de fosfato e açúcar. No DNA, o açúcar é uma pentose do tipo **desoxirribose**. No RNA, uma pentose do tipo **ribose**

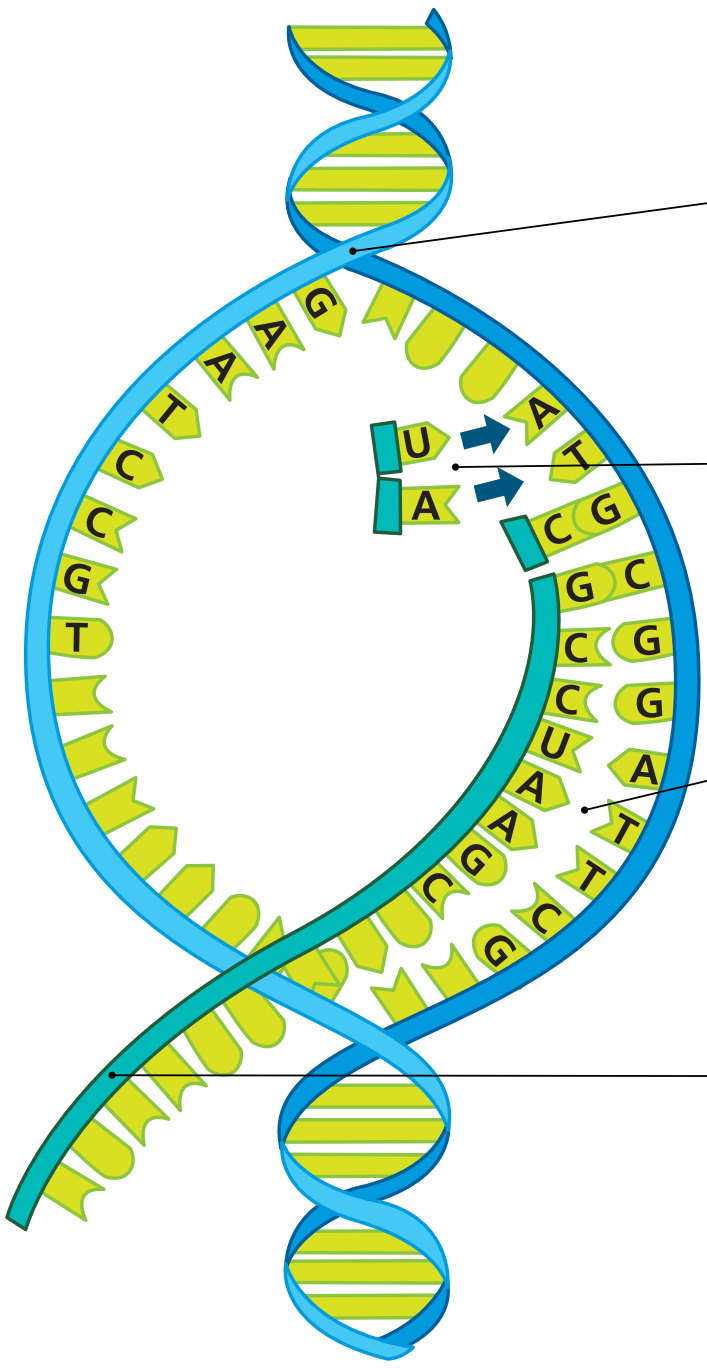
O RNA não carrega a base nitrogenada timina. Em seu lugar aparece a **uracila** (U), que se liga à **adenina** (A). Diferentemente do que ocorre com o DNA, o RNA é encontrado também no citoplasma

Adenina **Timina** **Fosfato**
Guanina **Citosina** **Açúcar desoxirribose**

Adenina **Uracila** **Fosfato**
Guanina **Citosina** **Açúcar ribose**

COPY & PASTE

Na transcrição, os códigos do DNA são copiados no RNA-mensageiro



1. O DNA desmancha parte de sua espiral e se abre; com a quebra das pontes de hidrogênio, entre as bases nitrogenadas. As bases ficam expostas

2. Uma enzima chamada **RNA-polimerase** une-se à fita ativa do DNA, colando os pares adenina-uracila, guanina-citosina

3. Como as bases nitrogenadas só podem se combinar duas a duas (A-U e C-G), o código do DNA é preservado

4. O novo filamento se solta, como **RNA-mensageiro** (RNA-m), carregando o código que será levado ao ribossomo

SAIBA MAIS

DA CORTIÇA À DUPLA HÉLICE

O núcleo foi o primeiro componente de uma célula a ser identificado, no século XVIII. No entanto, revelar os mistérios do seu interior levou bem mais tempo. Só na segunda metade do século XIX foram descobertos os ácidos nucleicos. E os pesquisadores começaram a desconfiar de que esses ácidos tinham alguma coisa a ver com a transmissão de caracteres hereditários apenas no fim dos anos 1920.

A estrutura do DNA – importante para definir as combinações químicas dessa molécula – só foi desvendada em 1953. Naquele ano, os biólogos James Watson e Francis Crick publicaram cinco artigos científicos propondo um modelo para a molécula do DNA: a dupla hélice. Desde então, os estudos em biologia passaram a ter grande ênfase na bioquímica, ou seja, no comportamento das moléculas.

duas etapas do processo de síntese de proteínas, a **transcrição** e a **tradução** (*veja os infográficos*).

Tudo depende das proteínas

O que diferencia duas moléculas de DNA é apenas a sequência de bases nitrogenadas. Ou seja, é a ordem em que as bases nitrogenadas (A, T, C e G) aparecem na molécula que determina os tipos de proteínas sintetizadas por um organismo e, daí, as características e o funcionamento desse organismo.

Proteínas são cadeias de aminoácidos. E cada aminoácido é codificado por uma trinca de bases nitrogenadas, chamada **códon**. Se combinarmos as quatro bases do DNA (A, T, C e G), de três em três, para formar um códon, teremos, ao final, 64 possíveis códons. Mas todas as proteínas existentes em todos os seres vivos são compostas da combinação de apenas 20 aminoácidos. Isso significa que um mesmo aminoácido pode ser codificado por dois ou mais códons. E existem, ainda, códons que, em vez de codificar um aminoácido, apenas determinam que o processo de tradução chegou ao fim.

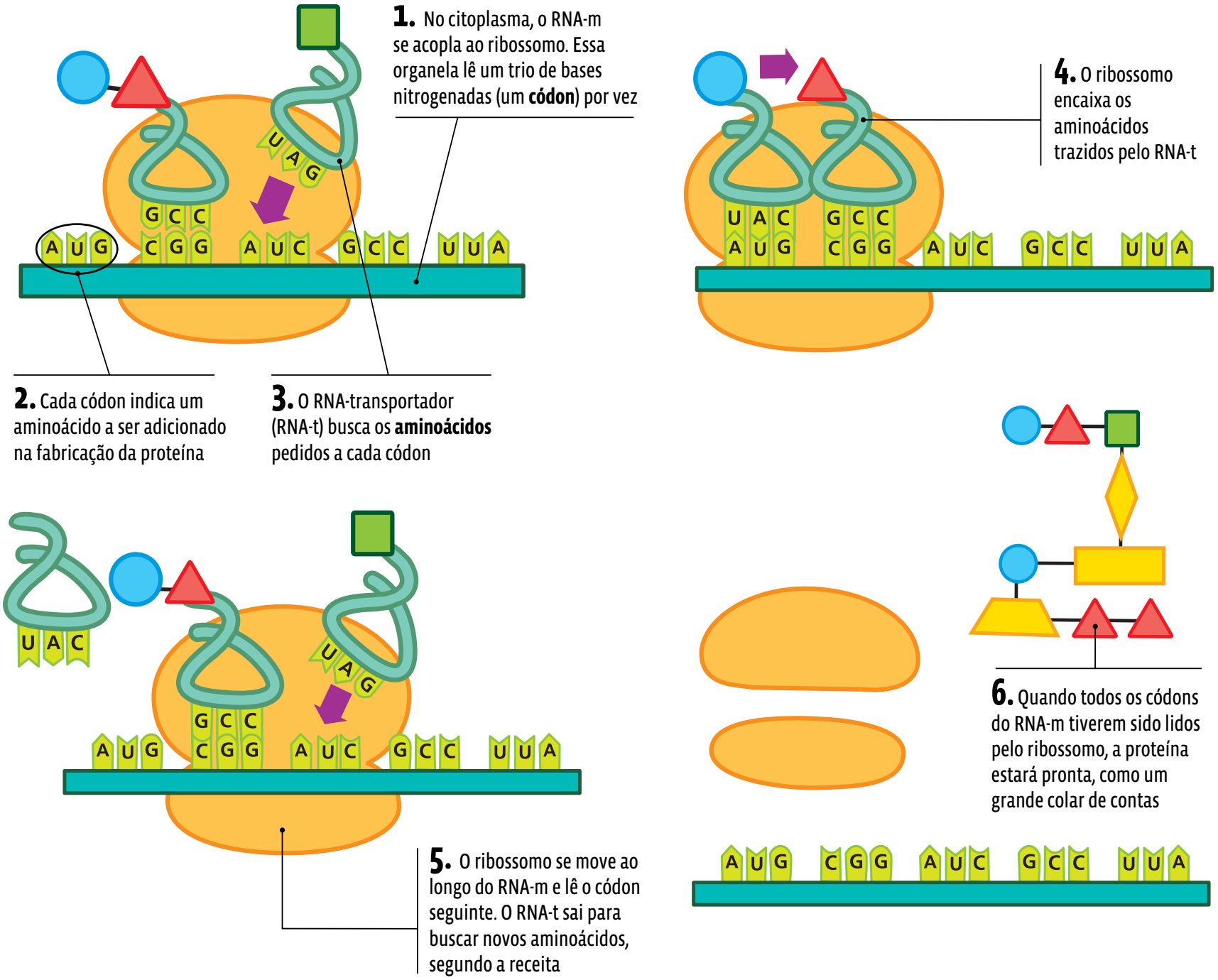
Assim, o **código genético** nada mais é do que a linguagem que determina a ordem na qual os aminoácidos são ligados para produzir as proteínas de um organismo. O código genético é considerado universal porque os códons têm o mesmo significado na maioria dos organismos. **Mutação** é o termo usado para qualquer alteração numa base nitrogenada do DNA – quer ela provoque, quer não, mudanças na sequência de aminoácidos de uma proteína.

Gene, pra que te quero

Gene é qualquer segmento do DNA que contenha o código que define a síntese de uma determinada proteína. Esse segmento também pode ser chamado de **cístron**. Em organismos mais complexos, como o do ser humano, os cístrons podem intercalar regiões codificadoras – os chamados **éxons** – com outras regiões, que não codificam nada – os íntrons. Aparentemente inúteis, os íntrons são como lixo genético. Até pouco tempo atrás, os pesquisadores imaginavam que os íntrons fossem resquícios genéticos

SOB ENCOMENDA

No processo de **tradução**, o ribossomo decodifica as mensagens levadas pelo RNA-mensageiro



dos primórdios da evolução humana ou restos de informação genética do início da vida na Terra, sem nenhuma utilidade. Atualmente, eles suspeitam que a manutenção dessas áreas inoperantes na molécula de DNA, no decorrer de centenas de milhares ou milhões de anos, possa estar relacionada a alguma adaptação evolucionária. Os **íntrons** podem, até, ter ainda alguma função que não tenha sido identificada pelos geneticistas.

Quando o RNA-m copia as informações do DNA, na etapa da transcrição, ele recolhe tanto íntrons quanto éxons, indistintamente. Mas, antes de levar esses dados para os ribossomos, a molécula de RNA-m passa por uma limpeza nesse material, deixando apenas os éxons, funcionais, ou seja, os trechos que efetivamente codificam alguma coisa. Esse processo de eliminação da parte inútil do RNA-m se chama **splicing**, que pode ser traduzido por "edição".

Ciranda da hereditariedade

Para transmitir a herança genética, a molécula de DNA tem de se replicar, ou seja, se duplicar. Essa replicação segue os seguintes passos:

- Quando a célula está prestes a se dividir, um grupo de enzimas especiais quebra as pontes de hidrogênio que unem as bases nitrogenadas;
- As fitas da molécula de DNA se separam;
- Por ação da enzima **DNA polimerase**, as bases de cada uma das fitas ligam-se a outras bases, que se encontram soltas na cariolinfa. Essa combinação não é aleatória, mas forma sempre pares certos: adenina (A) com timina (T) e citosina (C) com guanina (G). Assim, se um filamento tiver a sequência AACGGCT, o outro, que se ligará a ele, terá, necessariamente, a sequência TTGCCGA.

No final do processo, haverá duas moléculas de DNA idênticas, cada uma delas formada pela sequência original de bases e pela nova sequência complementar. Esse processo se chama **replicação semiconservativa**.

Tudo o que se divide se multiplica

Estima-se que o corpo humano tenha 10 quaquilhões de células, 30 mil vezes mais do que o número de estrelas da Via Láctea. Essas minúsculas usinas de vida fazem de tudo no organismo e permitem ao homem atividades e sensações tão diferentes quanto dormir, sentir fome ou frio, jogar futebol, apaixonar-se ou aprender a ler. Tudo isso surge no momento da concepção, com uma única célula que se divide em duas, que voltam a se dividir em quatro, e assim por diante, em progressão geométrica.

As células passam suas características a outras quando se multiplicam para gerar um novo organismo, na reprodução, para fazer o corpo crescer ou para repor as células perdidas por desgaste ou mau uso. Os ciclos de crescimento e multiplicação celular se repetem indefinidamente, até que as células percam a capacidade de se reproduzir. Aí ocorre o que chamamos envelhecimento.

O modo como uma célula se divide depende da complexidade do organismo e do tipo de célula que ela é: germinativa (especializada em reprodução) ou somática (que constitui os tecidos de um organismo).

Os tipos de divisão celular

Para se dividirem, as células podem adotar três mecanismos distintos:

- Os **procariontes unicelulares**, seres formados de uma única célula sem núcleo diferenciado, reproduzem-se por **bipartição** ou **cissiparidade**, uma forma de **reprodução assexuada**. Numa bactéria, o cromossomo, formado por uma molécula de DNA circular, duplica-se. E o citoplasma se parte, formando duas células idênticas, cada uma com uma das cópias do cromossomo. As bactérias podem se multiplicar muito rapidamente por esse processo, criando uma nova geração a cada 20 minutos.

- Os **eucariontes**, aqueles que têm o núcleo diferenciado do citoplasma, podem se reproduzir por dois mecanismos diferentes. Os unicelulares, como protozoários, reproduzem-se por **mitose**. A mitose é também o mecanismo de divisão das células somáticas, tanto para crescimento do organismo quanto para reposição das células desgastadas. A mitose pode ocorrer tanto em células haploides quanto diploides (*sobre haploides e diploides, veja as págs. 18 e 19*).

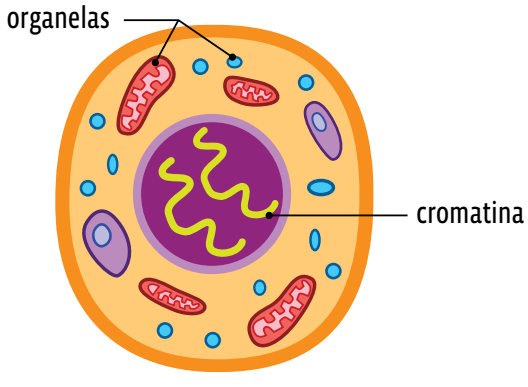
- O segundo modo de reprodução das células eucarióticas é a **meiose**. Nos seres pluricelulares, esse processo é próprio das células germinativas, que geram os gametas.

Entenda a mitose e a meiose nos infográficos da página ao lado. Mas antes veja, abaixo, como a célula se prepara para a divisão, na **interfase**.

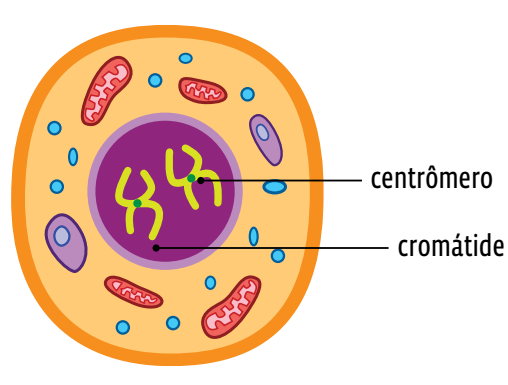
A **reprodução assexuada** é aquela em que um organismo, sozinho, transfere todo o material genético para outro. Nesse caso, nasce um clone, um organismo geneticamente idêntico ao anterior. Já na **reprodução sexuada**, o novo organismo surge da combinação do material genético de dois indivíduos, o pai e a mãe.

ENQUANTO A DIVISÃO NÃO VEM

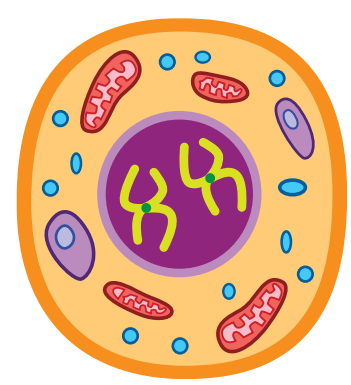
Assim que nasce, a célula entra num período de preparação para se dividir. Esse período, chamado interfase, é classificado em três etapas



FASE G1
A célula cresce e tem metabolismo intenso. No citoplasma, surgem novas organelas. No núcleo, são sintetizados RNA-mensageiro (RNA-m) e, no citoplasma, proteínas. O material genético permanece na forma de cromatina.



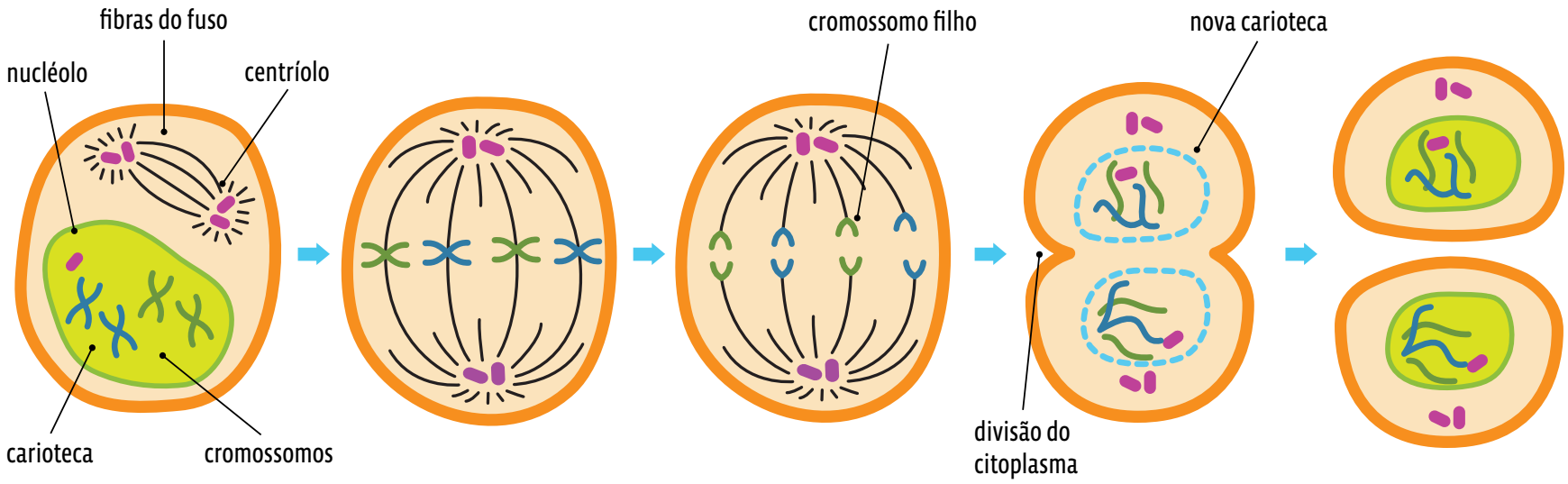
FASE S
Ocorre a síntese do DNA. A molécula duplica-se por replicação semiconservativa (*veja na pág. 25*). Assim, os cromossomos passam a ser constituídos por dois filamentos idênticos (**cromátides**), unidos pelo **centrômero**.



FASE G2
No período final, antes da divisão, a célula cresce mais um pouco e sintetiza alguma proteína de que ainda precisa para se dividir. A etapa seguinte é de prófase da mitose ou da meiose.

PARA FUNÇÕES IGUAIS, INFORMAÇÕES IGUAIS

Na **mitose**, uma célula gera duas células-filhas com material genético idêntico. É assim que se dividem as células somáticas



PRÓFASE
No citoplasma, o **centríolo** duplica-se e migra para polos opostos da célula, formando fibras proteicas entre eles, as chamadas **fibras do fuso**. No núcleo, os **cromossomos** duplicados na interfase se condensam e se espiralizam. O **nucléolo** e a **carioteca** se dissolvem e desaparecem.

METÁFASE
Os cromossomos prendem-se pelo centrômero às fibras do fuso e migram para o centro da célula. No final da metáfase, os centrômeros se duplicam e se afastam. As cromátides irmãs são separadas.

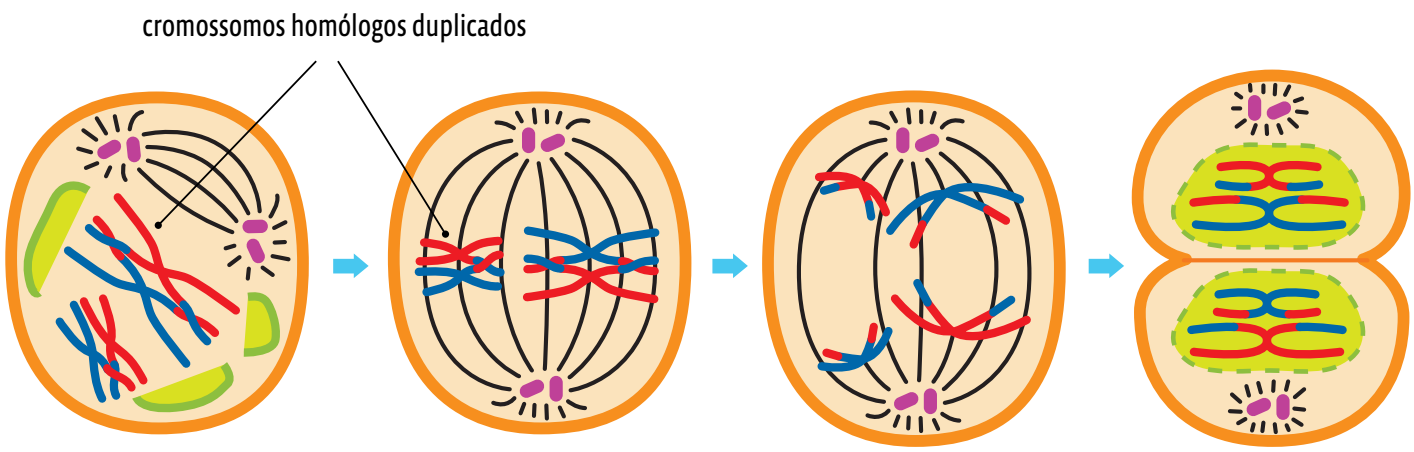
ANÁFASE
As fibras do fuso se encurtam. Os dois conjuntos de cromátides irmãs agora recebem o nome de **cromossomos filhos**. Estes estão atados aos fusos pelo centrômero e migram para polos opostos da célula.

TELÓFASE
Os dois grupos de cromossomos filhos chegam a polos opostos e descondensam-se. Em torno de cada grupo, forma-se uma nova carioteca, isolando o núcleo. Dentro dos núcleos reaparecem os nucléolos. O citoplasma começa a dividir-se e as organelas redistribuem-se entre as duas metades.

INTERFASE
Terminada a divisão do citoplasma, estão formadas duas células-filhas, com o mesmo número de cromossomos que a célula-mãe. Elas entram em interfase, preparando-se para uma nova divisão. O ciclo recomeça.

MENOS INFORMAÇÕES, MAIOR VARIEDADE

Pela **meiose**, cada célula-filha tem metade dos cromossomos da célula-mãe. É assim que se criam gametas



PRÓFASE I
Os **cromossomos homólogos duplicados** (presos em X) alinham-se, aos pares, e trocam pedaços, na **permutação**, ou **crossing-over**. Isso rearranja os genes. O centríolo duplica-se e forma o fuso. A carioteca se desintegra, e os cromossomos se prendem às fibras do fuso, ainda aos pares.

METÁFASE I
Os cromossomos atingem o grau máximo de condensação e migram para a região central da célula.

ANÁFASE I
As fibras do fuso se encurtam e puxam os cromossomos para polos opostos. Os cromossomos homólogos são, assim, separados.

TELÓFASE I
Os cromossomos descondensam-se. Formam-se dois núcleos haploides, mas os cromossomos ainda estão duplicados. A carioteca forma-se novamente, e o citoplasma divide-se. Para separar as cromátides, cada uma das células passará pela **segunda divisão da meiose (meiose 2), igualzinha a uma mitose**.

SAIBA MAIS

O QUE DEU ERRADO

Qualquer erro na meiose gera um gameta com aberrações cromossômicas, que serão transmitidas a todas as células do indivíduo que eventualmente seja gerado por esse gameta. As aberrações que ocorrem no número de cromossomos podem ser de dois tipos:

- **Euploidia:** variação no número de conjuntos de cromossomos.
- **Aneuploidia:** variação no número de cromossomos de cada conjunto. A síndrome de Down é uma aneuploidia

PARA ELAS, MENOS É MAIS Com uma única célula sem núcleo definido, as bactérias são muito eficientes em se multiplicar e dominar o organismo invadido

A vida microscópica

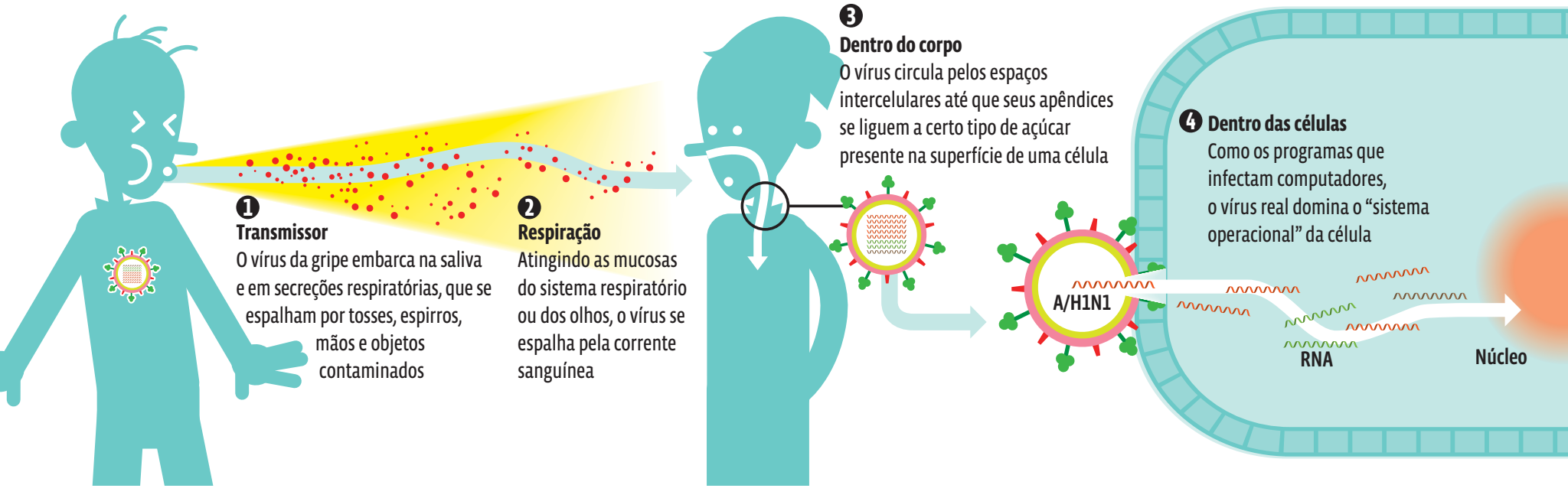
Os vírus – como o HIV, causador da aids – são exemplo da grande diversidade da vida na Terra. Os organismos que povoam o planeta assumem as mais diversas formas e variados tamanhos e habitam os mais diferentes ambientes. Animais têm movimento. Mas há seres vivos fixos, incapazes de se mover, como os vegetais e as colônias de corais. Há também os que só sobrevivem imersos em água, como os peixes, e os que residem no subsolo, como as minhocas e algumas bactérias. Existem até seres que só podem ser considerados vivos quando invadem outros organismos.

A biologia tem diversos sistemas para catalogar os seres vivos, segundo esta ou aquela característica. Mas existe uma classificação geral, segundo a estrutura básica do organismo:

- **Acelulares** são os seres que não têm células. É o caso dos vírus.
- **Unicelulares** são os formados por uma única célula, como as bactérias.
- **Pluricelulares**, ou multicelulares, são constituídos de duas ou diversas células, como os animais e as plantas.

INVADIR PARA SE MULTIPLICAR

Os vírus usam o DNA das células invadidas para se replicar num organismo



Os vírus

Vírus são seres tão estranhos que muitos cientistas relutam em classificá-los como seres vivos. Um vírus não passa de uma cápsula de proteína (**capsídeo**) envolvendo moléculas de DNA ou de RNA. Todos os seres vivos carregam em suas células as duas moléculas, mas não os vírus. Neles, só existem ou o DNA ou o RNA. Os vírus também não têm um citoplasma com organelas para a obtenção de energia. Assim, para sobreviver e se reproduzir, todo vírus precisa invadir uma célula e roubar dela a infraestrutura. Daí a dúvida se vírus deve ser considerado um ser vivo ou não.

O ataque viral é simples e fulminante. Ele se encosta à superfície externa de uma célula (processo chamado **absorção**) e injeta nela seu material genético – DNA ou RNA (**penetração**). A penetração pode se dar de diferentes formas:

- Por endocitose, quando a própria célula hospedeira "engole" o vírus, destrói o capsídeo e absorve o material genético viral. É o que acontece com os vírus da gripe.

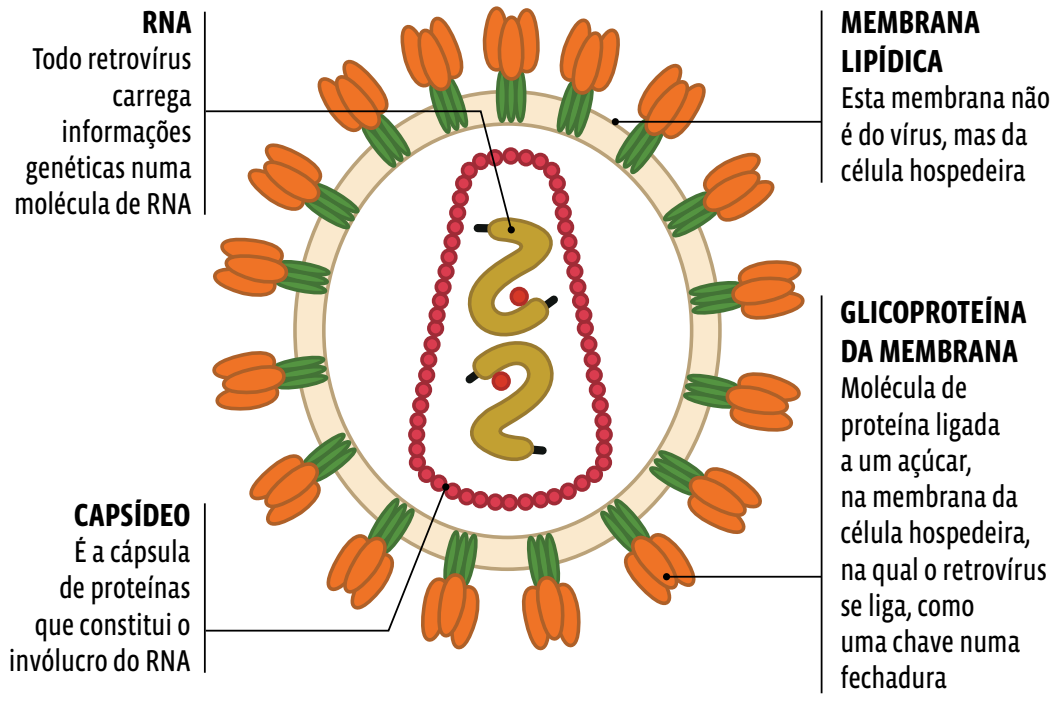
- Por injeção do material genético, ficando o capsídeo do vírus fora da célula. Isso ocorre com os que atacam bactérias (bacteriófagas).

- E por fusão do capsídeo com a membrana da célula hospedeira. É o que faz uma classe especial de vírus, o retrovírus, como o HIV (*veja ao lado*).

Seja qual for o processo de penetração, uma vez que o material genético do vírus esteja no interior da célula, ele se multiplica e produz novos capsídeos para que nasçam novos vírus. Para saírem da célula hospedeira, eles acabam por destruí-la.

INVASORES DE CORPOS

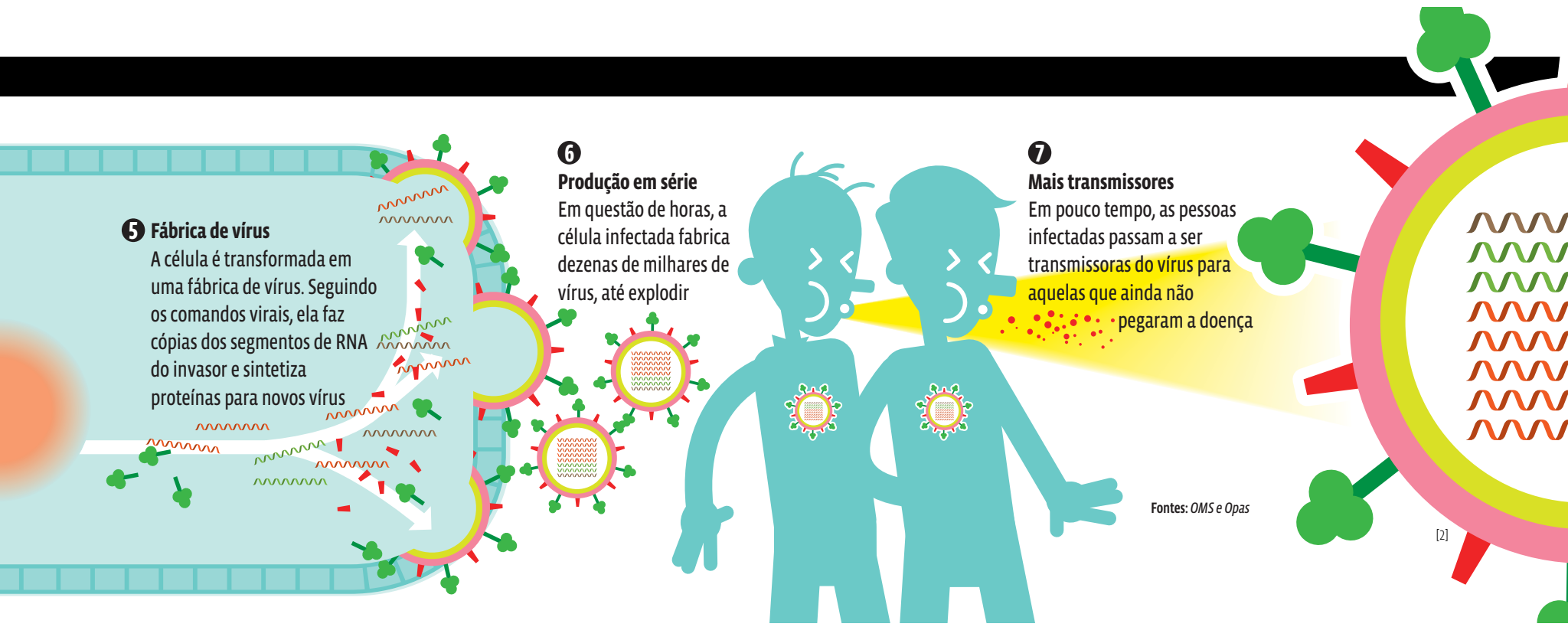
Estrutura de um retrovírus dentro de uma célula hospedeira



SAIBA MAIS

COMO O VÍRUS FAZ PIRATARIA

Os retrovírus são um tipo de vírus que só tem RNA, e, como qualquer vírus, também precisam invadir uma célula para sobreviver. Para "piratear" as informações genéticas da célula hospedeira, o retrovírus faz uma transcriptase reversa. Em vez de transcrever informações de um DNA para um RNA, a enzima transcreve informações do RNA viral para um DNA viral, que se integra ao DNA do hospedeiro e se multiplica normalmente. Os retrovírus podem permanecer latentes por anos. Um dia, o DNA adulterado recebe uma ordem para codificar as mensagens em RNA. Aí, o vírus se multiplica e infecta o organismo.



Fontes: *OMS* e *Opas*

[1] DIVULGAÇÃO/DARTMOUTH COLLEGE [2] WILLIAM TACIRO E MÁRIO KANNO/MULTISP

As bactérias

São microrganismos unicelulares, formados de uma célula **procariótica**. Esse tipo de célula primitiva não tem o material genético separado num núcleo e é dotado de uma só organela, o ribossomo. Eles podem, também, apresentar pequenas porções de DNA soltas na célula. Os seres que têm apenas uma célula procariótica são chamados **procariontes**. As bactérias reproduzem-se por simples divisão celular. Assim, uma bactéria-mãe gera duas bactérias-filhas idênticas (*veja mais sobre divisão celular na pág. 22*).

Algumas bactérias sintetizam o próprio alimento. São as **autótrofas**, que produzem compostos orgânicos com a energia de reações químicas com compostos inorgânicos do ambiente (quimiossíntese), ou da energia luminosa (fotossíntese). Mas há também as bactérias **heterótrofas**, que dependem de compostos orgânicos já prontos no ambiente. Uma bactéria heterótrofa pode ser **decompositora** (que se alimenta de matéria orgânica morta, provocando sua decomposição), ou **parasita** (que vive à custa de outro ser vivo).

São heterótrofas parasitas as bactérias que causam algumas doenças das mais sérias no homem, como pneumonia, tuberculose, difteria, tétano e cólera. Mas as bactérias têm lá seu lado bom e simpático. Elas são essenciais para o funcionamento do sistema digestório, principalmente nos intestinos. E são úteis na fabricação de laticínios, como queijos e iogurte. Na natureza, têm papel importantíssimo na manutenção do equilíbrio ecológico.

Os fungos

Os fungos podem ser unicelulares, como as leveduras, ou pluricelulares, como o bolor e os cogumelos. Mas todos são **eucariontes**, ou seja, são compostos de células eucarióticas, com citoplasma, membrana, organelas e o material genético isolado num núcleo.

Os fungos são mais aparentados com os animais do que com os vegetais. Suas células têm uma **parede de quitina**, o mesmo material que compõe o exoesqueleto dos artrópodes. Eles armazenam energia na forma de moléculas de glicogênio, como os animais. Não fazem fotossíntese, como as plantas fazem. São heterótrofos – alimentam-se de matéria orgânica, morta ou viva. Secretam enzimas digestivas sobre o substrato e o absorvem como alimento já digerido.

Os que se alimentam de matéria viva são parasitários. Muitos deles são extremamente danosos para a agricultura. Para evitar ataques na plantação ou nos produtos colhidos, os agricultores aplicam fungicidas, o que acaba poluindo o ambiente. Fungos podem parasitar também os seres humanos: são eles que causam micoses de pele e unha, candidíase e "sapinho".

Mas, como as bactérias, nem sempre os fungos são vilões. A levedura (fermento biológico) usada pelos padeiros para fazer a massa do pão crescer é um fungo. Leveduras também são utilizadas para provocar a fermentação de bebidas alcoólicas, como cerveja, e produzir álcool combustível. Na natureza, também como as bactérias, os fungos são importantes decompositores.

PARENTE PRÓXIMO
Os fungos, como este cogumelo, guardam mais semelhanças com os animais do que com os vegetais

UMA AJUDA AO SISTEMA IMUNOLÓGICO As vacinas ensinam os glóbulos brancos a reconhecer agentes infecciosos para produzir anticorpos, células de defesa

Bandidos e mocinhos químicos

O Ministério da Saúde incluiu recentemente duas vacinas no calendário nacional de vacinação infantil. Uma delas é uma nova formulação contra a poliomielite. A outra é uma vacina pentavalente – um único preparado que defende o organismo do contágio de cinco doenças: coqueluche, difteria, tétano, *Haemophilus influenza* tipo B e hepatite B. O calendário de vacinação é definido pelo governo federal e estipula as vacinas que devem ser aplicadas pelos postos de saúde em crianças, adolescentes, adultos e idosos. O calendário passa periodicamente por alterações ou acréscimos como esse acima. A ideia é acompanhar o avanço da medicina e da indústria farmacêutica e, assim, **imunizar** a população contra as principais doenças infecciosas.

Imunização é o nome que se dá à aquisição pelo organismo de proteção contra o ataque de microrganismos causadores de doença infecciosa, ou contra a ação de substâncias tóxicas. A área da biologia que estuda os processos de imunização é a imunologia.

Sabotagem e contrassabotagem

A guerra do organismo contra agentes agressores funciona como ações de sabotagem e contrassabotagem química. Do lado dos bandidos estão os microrganismos, que, quando invadem o organismo, podem se proliferar e danificar o funcionamento de alguns tipos de célula. O corpo identifica esses microrganismos como **antígenos**. Do outro lado, como mocinhos, estão os **anticorpos** – proteínas de defesa, sintetizadas pelo sistema imunológico. A batalha funciona assim: o sistema imunológico reconhece qualquer antígeno que invada o corpo que ameace sabotar o funcionamento das células e produz os anticorpos específicos para neutralizar sua ação danosa, reagindo com aquela substância.

A reação química entre antígenos e anticorpos é específica. Isso significa que um anticorpo produzido na presença de determinado antígeno só reage com esse antígeno. Assim, o anticorpo que desativa o vírus do sarampo não funciona para o vírus da catapora, nem da meningite.

Agentes do bem

Depois de entrar em contato com um agente infeccioso, o sistema imunológico desenvolve células capazes de reconhecer esse agente caso ele volte a atacar, mesmo depois de várias décadas. São as chamadas **células de memória**. Mas nem sempre as células de memória conseguem imunizar o organismo por longos períodos. No caso da gripe, por exemplo, os vírus *Influenza* sofrem mutações muito rapidamente. Por isso, os anticorpos desenvolvidos pelo organismo num ano não previnem, necessariamente, contra o vírus do ano seguinte.

iSTOCK

Nos vertebrados, a defesa contra os antígenos é feita basicamente por dois tipos de célula do sistema imunológico que circulam pelo sangue, conhecidos como **glóbulos brancos** ou **leucócitos**. O primeiro tipo são os **macrófagos**, células que fagocitam (englobam e digerem) elementos estranhos ao corpo. Os macrófagos derivam de um tipo de leucócito existente no sangue e estão presentes, também, em grande quantidade nos gânglios linfáticos. São muito ativos na defesa contra infecções virais e podem atacar tanto a célula infectada quanto os vírus que saem das células hospedeiras.

O segundo tipo de leucócito são os **linfócitos**, que criam as proteínas que funcionam como anticorpos e atacam principalmente microrganismos extracelulares. Os linfócitos podem destruir, sozinhos, uma bactéria e podem, também, transformar-se em uma célula fagocitária.

Como o corpo aprende

O corpo já nasce sabendo como se defender de algumas ameaças e adquire outras armas de defesa no decorrer da vida. O modo como o organismo adquire imunidade pode seguir vários caminhos:

- A imunização pode ser **ativa** ou **passiva**. A ativa consiste na produção de anticorpos pelo próprio organismo, quando ele é invadido por um antígeno. Nesse caso, a informação fica armazenada em células de memória e, se o organismo entrar em contato com o antígeno outra vez, a resposta será rápida, específica e duradoura. Isso ocorre quando o corpo adquire imunização porque passa pela doença ou é vacinado. Já na imunização passiva, a pessoa recebe os anticorpos pré-formados contra determinado antígeno. Esses anticorpos atuam durante certo tempo no organismo e depois são eliminados, sem que se formem células de memória. Esse é um processo não duradouro e, às vezes, pouco específico. É o que acontece com os soros (*veja abaixo*).

- A imunização pode, ainda, ser **natural** ou **artificial**, dependendo de como é adquirida. A imunização natural ocorre quando o organismo entra em contato com o agente causador da doença e produz, naturalmente, anticorpos contra

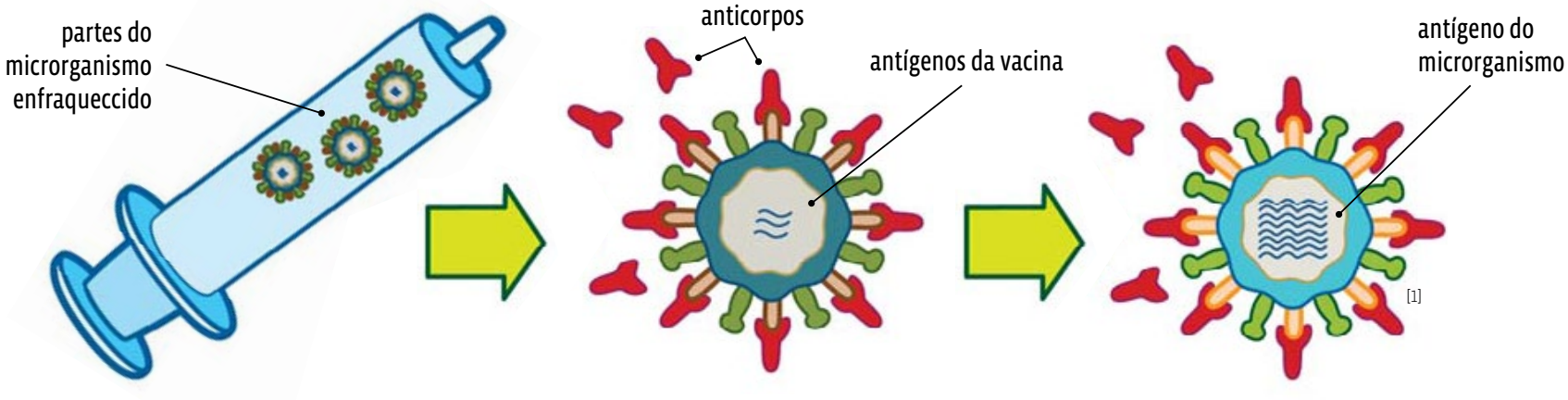
SAIBA MAIS

A DOENÇA QUE NÃO EXISTE MAIS

A varíola é uma das doenças mais antigas e terríveis da história da humanidade. Acredita-se que a infecção, causada por vírus, tenha acometido a espécie humana desde a Pré-História, cerca de 10.000 a.C., e matado, só no século XX, até 500 milhões de pessoas. Mas esse mal parece estar completamente afastado. A varíola foi a primeira doença considerada globalmente erradicada por uma vacina. O preparado criado pelo naturalista inglês Edward Jenner (1749-1823), no fim do século XVIII, é, também, a primeira vacina. Foi graças a ela que, em 1979, o vírus da varíola foi declarado eliminado do planeta. Hoje, pouquíssimas amostras desse agente patológico são guardadas a sete chaves em dois laboratórios, na Rússia e nos Estados Unidos.

VENENO QUE SALVA

Toda vacina é feita de uma parte do microrganismo – no geral, uma proteína – ou do microrganismo inteiro, enfraquecido



1. A vacina, fabricada com partes do agente infeccioso ou com versões mais fracas do microrganismo, é injetada na corrente sanguínea

2. Os antígenos da vacina são reconhecidos pelo organismo como invasores. Os glóbulos brancos dão início à produção de anticorpos, que atacam os antígenos. São criadas as células de memória

3. Depois da vacinação, se o antígeno real atacar o corpo, o sistema imunológico, nas células de memória, estará preparado para reconhecer o inimigo e combatê-lo

EM TEU SEIO, A SAÚDE
A amamentação confere resistência ao bebê, porque transfere a ele os anticorpos da mãe

o patógeno ou a toxina. A imunização artificial é a induzida por meio da vacinação, ou seja, a inoculação no organismo de microrganismos vivos atenuados ou mortos, ou de componentes inativados desses microrganismos. Basta um pedacinho do antígeno para que o sistema imunológico aprenda a reconhecer a ameaça e dê uma **resposta primária**, produzindo anticorpos específicos e formando células de memória. A **resposta imunológica secundária** acontece com a aplicação de dose de reforço da vacina, ou quando o organismo vacinado entra em contato com o agente agressor. Nesses momentos, o sistema imunológico reforça a capacidade das células de memória e a ação dos anticorpos. (*veja o infográfico na pág. ao lado*).

AS PRINCIPAIS DOENÇAS PARA AS QUAIS EXISTE VACINA

Doença	Agente patogênico
Caxumba	vírus
Coqueluche	bactéria
Difteria	bactéria
Febre amarela	vírus
Gripe	vírus
Hepatite B	vírus
Meningite C	vírus
Pneumonia viral	vírus
Poliomielite	vírus
Rubéola	vírus
Sarampo	vírus

Corrida contra o tempo

O sistema imunológico precisa de algum tempo para reagir aos agentes invasores. Mas nem sempre o corpo pode dispor desse tempo. A pessoa é picada por um animal peçonhento, como cobra ou aranha, ou tem o corpo invadido por certas bactérias de rápida multiplicação, como a causadora do tétano, a toxina deixada no organismo pode causar grandes problemas em questão de horas, levando até mesmo à morte antes que o organismo consiga mobilizar qualquer resposta imunológica. Nesse caso, é necessária a utilização de **soro imune** – um preparado que já contém anticorpos que foram produzidos no organismo de um animal, geralmente de cavalos.

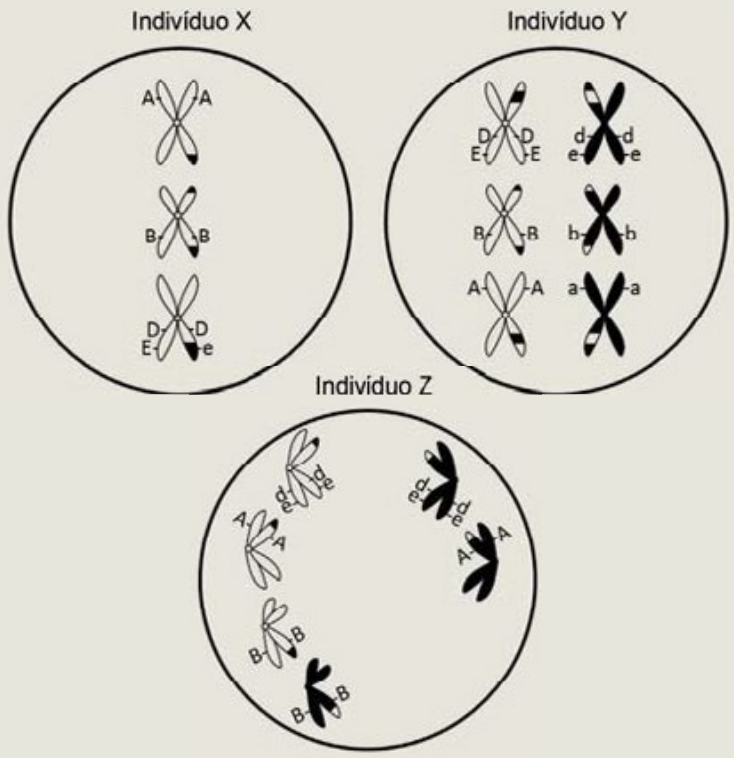
O soro não confere imunidade permanente, pois as células de memória não são estimuladas. E os anticorpos injetados desaparecem da circulação em poucos dias. Além disso, o organismo imunizado reconhece os anticorpos recebidos como substâncias estranhas, passando a produzir anticorpos específicos contra elas. Por isso, deve-se evitar o tratamento com o mesmo soro duas vezes, pois uma segunda injeção pode desencadear uma reação imunitária contra o próprio soro, que deveria salvar o organismo.

SAIBA MAIS

HERANÇA MATERNA
A mãe confere imunidade ao filho desde o útero, por meio da placenta. Depois de nascido, o bebê continua recebendo imunidade por meio do leite materno. Daí a importância que os médicos dão à amamentação. Essa imunização de mãe para filho é do tipo passiva natural.

ISTOCK

1. **(UFSC 2016, adaptada)** **Os esquemas abaixo representam os cromossomos de células em diferentes fases da meiose de três indivíduos de uma espécie hipotética 2n = 6.**



Com base nos esquemas e nos conhecimentos sobre biologia celular e genética é correto afirmar que:

1. as fases da meiose dos indivíduos X, Y e Z, representadas nos esquemas, são, respectivamente: metáfase I, metáfase II e anáfase II.

2. considerando apenas os genes representados e ocorrendo a correta separação das cromátides, a célula do indivíduo X, representada acima, pode originar dois tipos de gametas: ABDE e ABDe.

3. os gametas produzidos pela célula do indivíduo Z, representada acima, terão um número n diferente da espécie.

RESOLUÇÃO

1. *Incorreta.* O enunciado informa que a célula é 2n = 6 e que está sofrendo meiose. Então, para cada indivíduo, temos:

- X: três cromossomos duplicados no centro da célula indicando metáfase II da meiose. Explicando: a célula já está na segunda fase da meiose (meiose II) porque já é haploide (n = 3), com metade do número de cromossomos em relação à célula 2n (lembre-se que a redução ocorre na meiose I). É metáfase pois nessa fase os cromossomos se alinham na região central da célula.
- Y: seis cromossomos duplicados, no centro da célula indicando – metáfase I da meiose. Explicando: a célula ainda está na primeira fase da meiose (meiose I) porque é diploide (2n = 6). E é metáfase, pois os cromossomos homólogos estão pareados (lado a lado).
- Z: seis cromossomos duplicados, mas agora se dirigindo para os polos opostos da célula, indicando anáfase I. Porém é possível observar que está ocorrendo uma anáfase anormal, porque o correto seria a separação de todos os pares de cromossomos homólogos, mas o par que apresenta o segmento B está migrando para o mesmo polo (os dois homólogos se dirigem para o mesmo polo da célula), o que vai causar uma anomalia nas células-filhas formadas.

Resumindo, temos:
- indivíduo X: metáfase II
- indivíduo Y: metáfase I
- indivíduo Z: anáfase I.

2. *Correta.* Se o indivíduo X se encontra em metáfase II, a fase seguinte será anáfase II, na qual as cromátides irmãs se separam e se dirigem aos polos opostos da célula para formar dois gametas. Cada gameta recebe uma cromátide de cada cromossomo duplicado: para o lado esquerdo vão as cromátides com os genes A, B e DE; para o lado direito irão as cromátides com os genes A, B e De, formando assim gametas ABDE e ABDe.

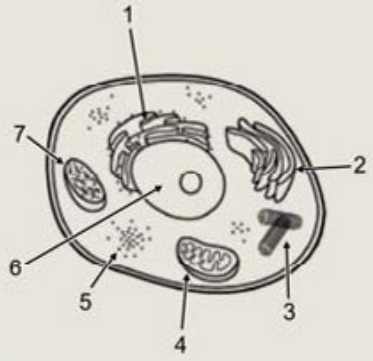
3. *Correta.* Já vimos na afirmação 1 que o indivíduo Z está realizando uma anáfase I anormal, que ao final vai formar células n = 4 (para a esquerda) e n = 2 (para a direita), quando o correto seria formar duas células n = 3 cada.

Resposta: Estão corretas as afirmações 2 e 3.

2. **(UNESP 2016)** **A professora distribuiu aos alunos algumas fichas contendo, cada uma delas, uma descrição de características de uma organela celular. Abaixo, as fichas recebidas por sete alunos.**

Fernando	**Auxílio na formação de cílios e flagelos.**
Giovana	**Associação ao RNAm para desempenhar sua função.**
Carlos	**Síntese de proteínas que serão exportadas pela célula.**
Rodrigo	**Síntese de alguns glicídios e modificação de proteínas, preparando-as para secreção.**
Mayara	**Digestão dos componentes desgastados da própria célula.**
Gustavo	**Presença de equipamento próprio para a síntese de proteínas.**
Lígia	**Síntese de ácidos nucleicos.**

A professora também desenhou na quadra de esportes da escola uma grande célula animal, com algumas de suas organelas (fora de escala), conforme mostra a figura.



Ao comando da professora, os alunos deveriam correr para a organela cuja característica estava descrita na ficha em seu poder. Carlos e Mayara correram para a organela indicada pela seta 7; Fernando e Rodrigo correram para a organela indicada pela seta 5; Giovana e Gustavo correram para a organela indicada pela seta 4; Lígia correu para a organela indicada pela seta 6.

Os alunos que ocupam o lugar correto na célula desenhada foram

a) Mayara, Gustavo e Lígia.
b) Rodrigo, Mayara e Giovana.
c) Gustavo, Rodrigo e Fernando.
d) Carlos, Giovana e Mayara.
e) Fernando, Carlos e Lígia.

RESOLUÇÃO

Analisando as informações contidas nas fichas recebidas pelos alunos:

- Fernando: auxílio na formação de cílios e flagelos. Essa função é a função do centríolo (seta 3);
- Giovana: associação ao RNAm para desempenhar sua função. O ribossomo (5) se associa ao RNA mensageiro (RNAm) para realizar a síntese proteica;
- Carlos: a síntese de proteínas é feitas pelos ribossomos aderidos à membrana do retículo endoplasmático rugoso (1);
- Rodrigo: sintetizar alguns glicídeos e modificar as proteínas, preparando-as para secreção é a função complexo de Golgi (2).
- Mayara: a digestão de componentes desgastados da célula é feita pelo lisossomo (7);
- Gustavo: a organela que tem estrutura própria para a síntese proteica é a mitocôndria (4), que abriga seus próprios ribossomos;
- Lígia: a síntese (ou replicação) dos ácidos nucleicos DNA e RNA ocorre no núcleo da célula eucariótica (6).

Carlos e Mayara correram para a organela indicada pela seta 7, o lisossomo, e só Mayara acertou. Fernando e Rodrigo correram para a seta 5, ribossomos soltos no citoplasma – ambos erraram. Giovana e Gustavo correram para a seta 4, mitocôndria – apenas Gustavo acertou. E Lígia escolheu o núcleo. Acertou.

Resposta: A

3. **(ENEM 2015)** **Tanto a febre amarela quanto a dengue são doenças causadas por vírus do grupo dos arbovírus, pertencentes ao gênero Flavivirus, existindo quatro sorotipos para o vírus causador da dengue. A transmissão de ambas acontece por meio da picada de mosquitos, como o *Aedes aegypti*. Entretanto, embora compartilhem essas características, hoje somente existe vacina, no Brasil, para a febre amarela e nenhuma vacina efetiva para a dengue.**

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. Dengue: Instruções para Pessoal de combate ao vetor. *Manual de Normas Técnicas. Disponível em: http://portal.saude.gov.br. Acesso em: 7 ago 2012 (adaptado).*

Esse fato pode ser atribuído à

a) maior taxa de mutação do vírus da febre amarela do que do vírus da dengue.
b) alta variabilidade antigênica do vírus da dengue em relação ao vírus da febre amarela.
c) menor adaptação do vírus da dengue à população humana do que do vírus da febre amarela.
d) presença de dois tipos de ácidos nucleicos no vírus da dengue e somente um tipo no vírus da febre amarela.
e) baixa capacidade de indução da resposta imunológica pelo vírus da dengue em relação ao da febre amarela.

RESOLUÇÃO

Vacinas são feitas com antígenos, moléculas do agente causador da doença que, quando inoculadas no indivíduo, induzem a produção de proteínas de defesa chamadas anticorpos. Um determinado anticorpo só reconhece o antígeno para o qual foi produzido. O problema com o vírus da dengue é que ele apresenta uma alta variabilidade antigênica – ou seja, seus antígenos se alteram frequentemente, fazendo com que os anticorpos produzidos por uma vacina não funcionem por muito tempo. O vírus da febre amarela, por outro lado, é mais estável e, portanto, suscetível por mais tempo à ação dos anticorpos produzidos pelo indivíduo vacinado.

Resposta: B

RESUMO

Citologia

SERES VIVOS Podem ser acelulares (vírus), unicelulares (bactérias, cianobactérias e protozoários) ou pluricelulares (animais e plantas). Todo ser vivo é composto de moléculas orgânicas, que constituem as proteínas (formadas de cadeias de aminoácidos), os açúcares (monossacarídeos e polissacarídeos), lipídeos (gordura) e os ácidos nucleicos (DNA e RNA).

CÉLULAS As **procarióticas** são células de estrutura muito simples, próprias de organismos primitivos, como bactérias. Elas não têm núcleo diferenciado, e o material genético fica solto no citoplasma. Além do DNA, o citoplasma dessas células abriga um único tipo de organela, o ribossomo. As procarióticas têm membrana plasmática (que controla a passagem de substâncias para dentro e para fora da célula) e parede celular, que lhe dá estrutura. As **eucarióticas** são células mais complexas, de animais e plantas. Nelas, o material genético fica isolado em um núcleo. E o citoplasma contém diversas organelas (como centríolos, lisossomos, ribossosmos, complexo de Golgi e mitocôndrias). Estas células têm apenas membrana plasmática.

NÚCLEO CELULAR É composto de carioteca, cariolinfa, nucléolo e cromatina. A cromatina guarda as moléculas de DNA e proteínas, na forma de filamentos. Os **genes** são trechos do DNA que codificam proteínas. Durante a divisão celular, a cromatina se espiraliza, formando os cromossomos. Cada espécie tem um número fixo de cromossomos em todas as células somáticas. As células podem ser **haploides** (n) ou **diploides** (2n).

ÁCIDOS NUCLEICOS São o DNA e o RNA. O DNA é uma dupla hélice formada de nucleotídeos e bases nitrogenadas adenina (A), guanina (G), citosina (C) e timina (T). O RNA é formado de apenas um filamento de nucleotídeos e no lugar da timina tem a uracila (U). Existem três tipos de RNA: o mensageiro, o transportador e o ribossômico.

DIVISÃO CELULAR **Mitose** é a divisão simples de uma célula-mãe que resulta em duas células-filhas com o mesmo número de cromossomos. É o processo de divisão das células somáticas nos humanos. **Meiose** é a divisão que resulta em quatro células-filhas com metade dos cromossomos da célula-mãe. É o processo de divisão das células germinativas (que formam os gametas). A meiose tem duas fases. A segunda é uma mitose.

IMUNOLOGIA **Antígenos** são substâncias reconhecidas como estranhas pelo sistema imunológico. Os **anticorpos** são proteínas de defesa do organismo que entram em ação quando um antígeno ataca. Os **macrófagos** são células de defesa que engolfam e destroem elementos estranhos ao corpo. Os **linfócitos** produzem anticorpos que atacam microrganismos fora das células. As **células de memória** reconhecem um antígeno depois de ter entrado em contato com ele.

2

GENÉTICA

CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO

- *As Leis de Mendel* 34
- *Tipos sanguíneos* 38
- *Herança ligada ao sexo* 41
- *Biotecnologia* 44
- *Como cai na prova + Resumo* 48

Benefícios e riscos de alterar os genes

A biotecnologia aumenta as possibilidades de manipulação do genoma para prevenir doenças. Mas muitos levantam barreiras éticas para o uso das novas ferramentas

A ciência da manipulação genética avança a passos cada vez mais acelerados. E, em paralelo, cresce a polêmica sobre os procedimentos de alteração do DNA, a macromolécula que, do núcleo celular, define as características hereditárias dos organismos unicelulares e pluricelulares. Um dos mais recentes episódios nesse assunto envolve a técnica CRISPR-Cas9, um método bem mais versátil e preciso do que os já empregados para a criação de organismos transgênicos, há anos usados na agricultura. O CRISPR-Cas9 emprega a enzima Cas9 para editar o DNA, cortando trechos defeituosos do genoma, que serão deletados e substituídos por uma nova sequência de genes do bem.

A grande promessa da nova metodologia é eliminar genes defeituosos, que podem levar a doenças transmitidas de geração a geração, como o mal de Huntington, um distúrbio neurológico que afeta os movimentos e as faculdades mentais. Pode possibilitar, ainda, o adestramento do sistema imunológico para prevenir o ataque de vírus como o HIV, causador da aids. De outro lado, cientistas temem que essa edição dos genes resulte numa casta de humanos customizados, com características como inteligência e aparência – o que criaria um novo tipo de injustiça, discriminação e desigualdade socioeconômica.

Os defensores da nova técnica alegam que não há o que temer com o novo sistema.

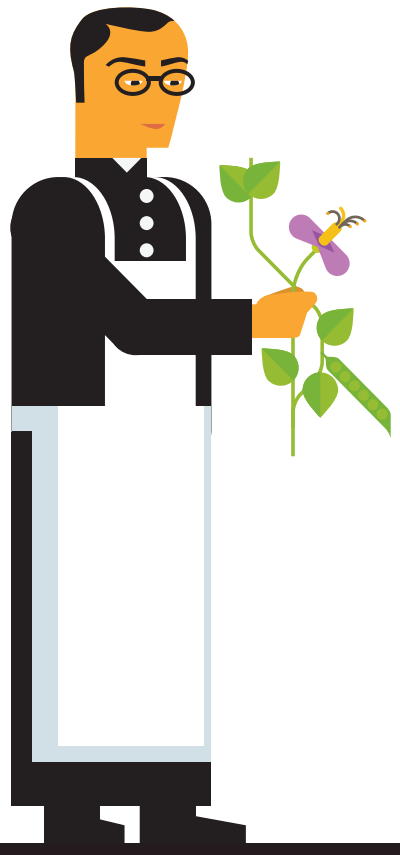
Recentemente, o Reino Unido autorizou o uso do CRISPR-Cas9 em pesquisas de laboratório. E pesquisadores chineses já alteraram o genoma de embriões humanos – apenas naqueles que apresentam alterações nos cromossomos que inviabilizam seu desenvolvimento. As pesquisas chinesas mostram que a técnica ainda está longe de ser um procedimento preciso e seguro o suficiente para aplicação prática. Em várias tentativas, a ferramenta não acertou o alvo, equivocando-se no trecho eliminado, ou desordenando a divisão celular.

Muitas características humanas são determinadas por genes de vários trechos do DNA, muitos deles ainda não localizados. Os microbiologistas ainda não conseguiram, por exemplo, identificar todos os trechos que contêm os genes responsáveis pela inteligência.

Organismos geneticamente modificados e as leis da transmissão de características de pais para filhos são temas deste capítulo.

ESPIRAL DA VIDA
O DNA guarda os genes que transmitem os códigos da vida. Mas a ciência ainda não sabe quais deles definem todas as características de cada um de nós

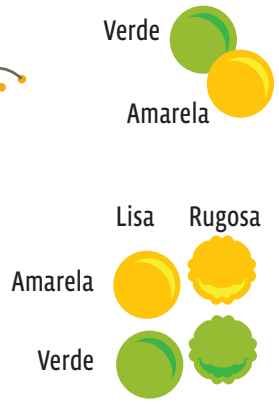
iSTOCK



As regras da hereditariedade

A genética explica por que os seres vivos apresentam características semelhantes às do pai e da mãe, mas não são idênticos a nenhum deles, nem a seus irmãos. Sabemos que os genes são os responsáveis pela transmissão dos caracteres de pais a filhos, a cada geração. As bases desse conhecimento estão no trabalho com ervilhas do monge austríaco Gregor Mendel

1 Cruzamentos
Mendel realizou milhares de cruzamentos entre plantas da ervilha-de-cheiro – um tipo de vegetal que realiza autofecundação (os gametas masculinos fecundam os femininos, numa mesma flor)



2 Análises
Primeiro, analisou apenas uma característica das ervilhas, a cor. É o que se chama **mono-hibridismo**

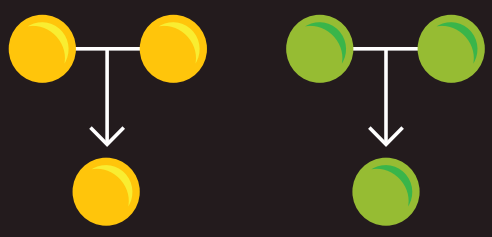
Depois, duas características diversas ao mesmo tempo, cor e textura – o chamado **di-hibridismo**

AS DUAS LEIS DE MENDEL

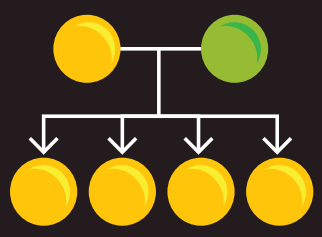
PRIMEIRA LEI DOIS PRA CÁ, UM PRA LÁ

Um indivíduo recebe dois "fatores" dos pais. Mas transmite aos seus descendentes apenas um

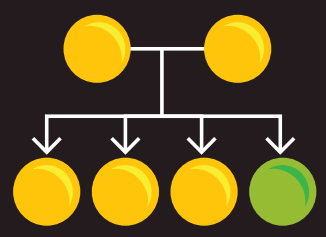
1 Mendel escolheu plantas de **linhagem pura**, ou seja, que geravam só ervilhas amarelas ou só verdes. Ele fez isso cruzando ervilhas amarelas com amarelas, e verdes com verdes, consecutivamente, por seis gerações. Assim criou uma **geração parental**


Geração parental

2 O passo seguinte foi cruzar plantas de linhagem pura de cores diferentes: fecundar as produtoras de ervilhas amarelas com o pólen das produtoras de ervilhas verdes. Isso deu origem a uma primeira geração de **ervilhas híbridas** (F1). Todas as ervilhas híbridas de F1 eram amarelas


F1 = 100% amarelas

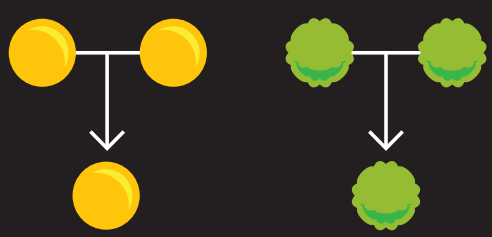
3 Mendel então criou uma segunda geração (F2), cruzando as ervilhas geradas em F1. Apesar de todas as ervilhas-mães, de F1, serem amarelas, o resultado foi que, na geração F2, a cada quatro ervilhas-filhas, três eram amarelas, e uma, verde


F2 = 3 amarelas para 1 verde

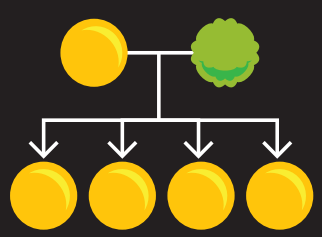
SEGUNDA LEI UMA COISA É UMA COISA, OUTRA COISA É OUTRA COISA

Características diferentes são transmitidas de pais para filhos por fatores independentes

1 Mendel criou uma geração parental, de plantas de linhagem pura, fazendo dois cruzamentos separados: o primeiro, apenas entre plantas que produziam **ervilhas amarelas e lisas**; o segundo, entre plantas produtoras de **ervilhas verdes e rugosas**

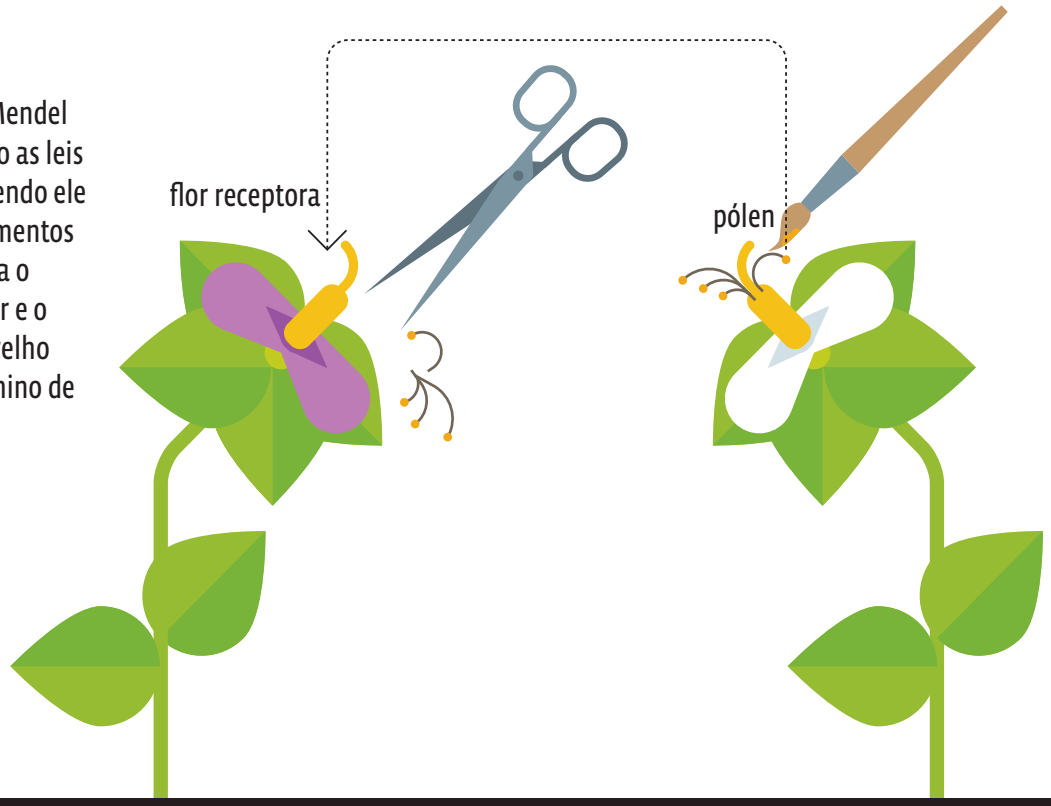

Geração parental

2 Depois, ele cruzou plantas de ervilhas amarelas e lisas com o pólen das plantas de ervilhas verdes e rugosas. Nessa primeira geração híbrida (F1), todas as ervilhas eram amarelas e lisas. Então, Mendel concluiu: o amarelo era o fator dominante para cor (V) e o liso, o dominante para textura (R)


F1 = 100% amarelas e lisas

3 Mendel então criou uma segunda geração de híbridos (F2), cruzando as ervilhas geradas em F1. De cada 16 ervilhas, nove eram amarelas e lisas e apenas uma era verde e rugosa. Além disso, surgiram variedades inexistentes na sequência de cruzamentos: três ervilhas amarelas rugosas e três ervilhas verdes lisas. Mendel confirmou que o amarelo era o fator dominante para cor (V)

3 Procedimento
Nos dois casos, Mendel alterou um pouco as leis da natureza, fazendo ele mesmo os cruzamentos que queria: tirava o pólen de uma flor e o colocava no aparelho reprodutor feminino de outra flor



4 Controle
Mendel também selecionou as plantas segundo uma série de características muito específicas, o que tornou seus experimentos fáceis de ser controlados, e os resultados simples de ser interpretados

5 Conclusões
Depois de anos de experiências, o monge austríaco elaborou suas duas leis – a Lei da Segregação e a Lei da Segregação Independente

4 Mendel concluiu que cada ervilha tinha a cor definida pela combinação de dois "fatores hereditários", cada um recebido de um dos pais. E que esses fatores tinham pesos diferentes na definição da cor.
O fator que mais se manifestou na geração F1, com a cor amarela, ele chamou de fator **dominante** (V). O fator que não se manifestou em F1, com a cor verde, ele chamou de fator **recessivo** (v)

		Fator transmitido: Vv	
		V	v
Vv	V	VV	Vv
	v	Vv	vv

5 O resultado de cada cruzamento gerava uma combinação de fatores dominantes (V) com recessivos (v). Recebendo ao menos um dominante, a ervilha era amarela. Mas, com dois fatores recessivos (vv), a ervilha era verde. Esse é um típico cruzamento mendeliano, no qual a proporção esperada de resultados para a geração F2 é de 3 : 1 – três dominantes para um recessivo

A Lei da Segregação
Cada caráter é condicionado por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, nos quais ocorrem em dose simples.
Mais simples: cada característica de um organismo é definida por um par de fatores, mas as células reprodutivas (os gametas) carregam apenas um fator, que é herdado de um dos pais.

R= dominante – lisa V= dominante – amarelo
r= recessivo – rugosa v= recessivo – verde

Gametas femininos \ Gametas masculinos	RV	Rv	rv	rV
RV	RRVV	RRVv	RrVv	RrVV
Rv	RRVv	RRvv	Rrvv	RrVv
rv	RrVv	Rrvv	rrvv	rrVv
rV	RrVV	RrVv	rrVv	rrVV

4 As conclusões de Mendel: nas ervilhas, a herança da cor independe da herança da textura. O fato de a semente ser verde ou amarela não tem nenhuma relação com a rugosidade ou não de sua pele. E o resultado do cruzamento depende de que fatores se combinam, se dominantes (V e R) ou recessivos (v e r). A proporção esperada nos resultados para a geração F2 é de 9 : 3 : 3 : 1

Lei da Segregação Independente
Em um cruzamento em que estejam envolvidos dois ou mais caracteres, os fatores que determinam cada um se segregam de forma independente durante a formação dos gametas, recombinam-se ao acaso e formam todas as combinações possíveis.

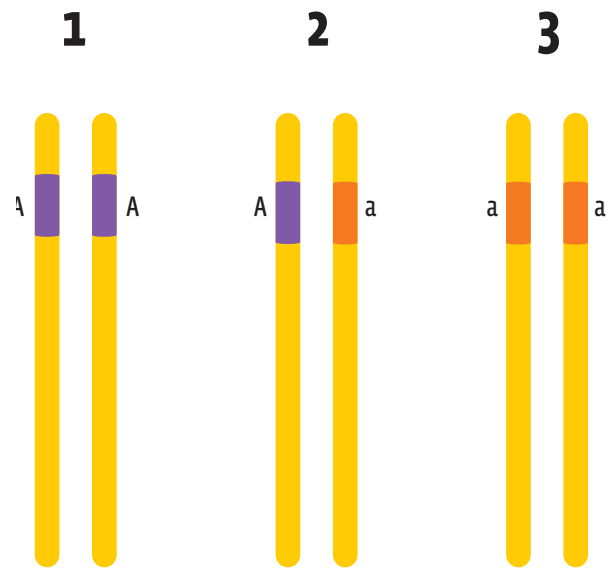
MARIO KANNO/MULTI/SP

MINORIA RECESSIVA Dos cinco irmãos, dois são albinos. A deficiência na produção de melanina aparece em quem tem dois genes recessivos para a doença

Mendel atualizado

Quando o trabalho de Mendel foi publicado, no fim do século XIX, os naturalistas da época não lhe deram muita atenção. Mas, cerca de um século depois, a descoberta da meiose confirmava que ele tinha razão: os genes (que Mendel chamou de fatores) ocorrem aos pares, mas, na reprodução, apenas um deles é passado adiante, ou seja, dá-se uma segregação (separação). Essa segregação nada mais é do que o processo de **meiose**, a divisão celular responsável pela formação dos gametas (*veja no capítulo 1*). O trabalho de Mendel resultou na genética atual, que tem outros termos e outras interpretações para seus estudos:

- O que Mendel chamou de **fatores** sabemos hoje que são os **genes** – um segmento da molécula de DNA, que codifica uma proteína, cuja ação determina uma característica. A característica transmitida por um par de genes é chamada **fenótipo** (cor amarela ou verde, por exemplo). Já o conjunto de genes que definem essas características é



Este indivíduo é homozigoto porque tem genes alelos iguais (**AA**) em seus cromossomos homólogos

Já o indivíduo que tem alelos diferentes (**Aa**) nos cromossomos homólogos é um heterozigoto, ou híbrido

Um homozigoto pode, também, ter todos os alelos recessivos, como este indivíduo, que tem genótipo **aa**

denominado **genótipo** (**VV**, **Vv** ou **vv** para as cores). Assim, uma ervilha de genótipo VvRr apresenta o fenótipo amarela lisa.

- Os biólogos sabem ainda que, na geração de um novo indivíduo, os genes do par que determina uma característica estão localizados na mesma região (mesmo locus gênico) de cromossomos homólogos (*veja mais sobre cromossomos homólogos no capítulo 1*). São os **genes alelos.** Por exemplo, num indivíduo de genótipo **Aa**, o gene **A** é alelo do gene **a**. Na meiose, esses cromossomos homólogos se separam e se distribuem ao acaso nas células-filhas, o que permite uma grande variedade de combinações.

- **O gene dominante** (representado por uma letra maiúscula) manifesta um fenótipo, seja qual for seu alelo (uma ervilha será amarela se tiver como genótipo **VV** ou **Vv**). Já um **gene recessivo** (representado por uma letra minúscula) só se manifesta como fenótipo se tiver um alelo também recessivo: a ervilha será verde apenas no caso de ter o genótipo **vv**.

- Indivíduos de linhagem pura são aqueles que apresentam alelos iguais (como **AA** ou **aa**). São os **homozigotos**. Já os híbridos, resultantes do cruzamento de duas linhagens, apresentam alelos diferentes (**Aa**). Estes são os **heterozigotos.**

Variações sobre um mesmo tema

Sabe-se hoje, também, que existem mecanismos de hereditariedade que não foram previstos por Mendel. É o caso da **codominância,** ou **herança intermediária.** Esse mecanismo ocorre quando os genes que compõem cada alelo são igualmente dominantes e, portanto, podem se manifestar e interagir para determinar um fenótipo. Exemplo de codominância é o que se dá com a flor maravilha (*veja abaixo*).

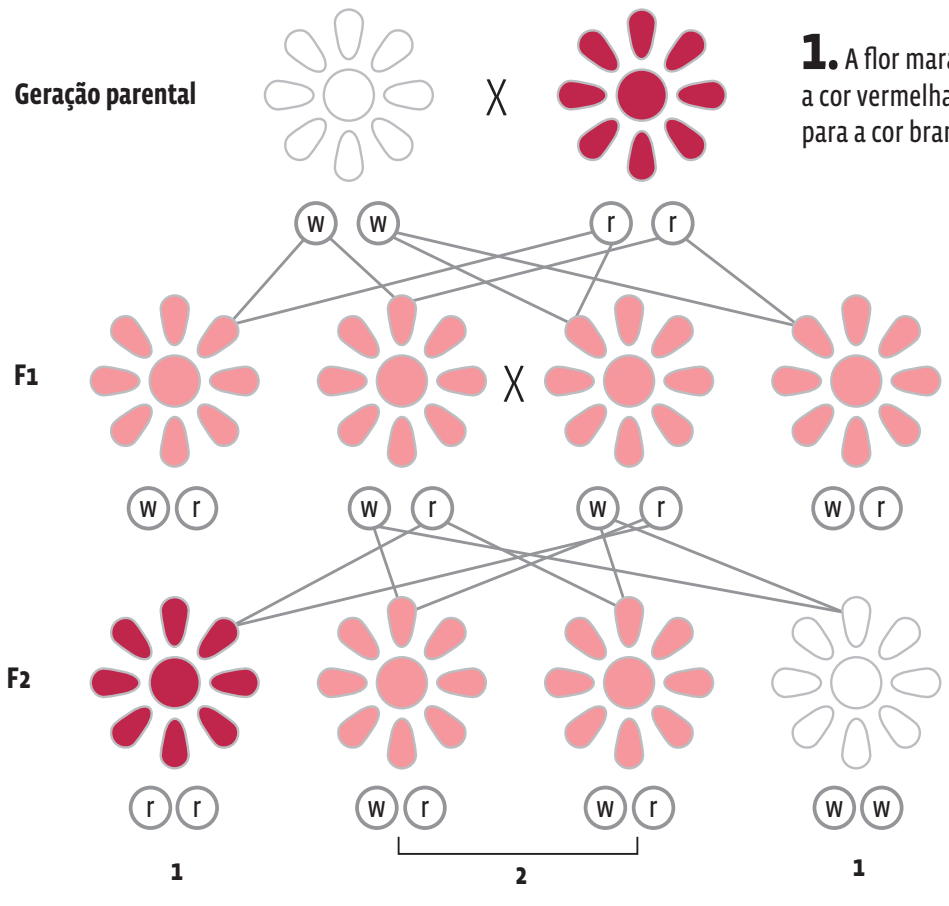
Mendel também não verificou alguns resultados que teriam confundido seu raciocínio. Em alguns casos, a combinação de dois genes iguais leva o animal à morte, antes mesmo do nascimento. É o que acontece com os camundongos. Neles, o pelo amarelo é o gene dominante, e o preto, recessivo. No cruzamento entre amarelos híbridos (heterozigotos), o esperado seria que nascessem três amarelos para cada preto. Mas é comum que nasçam apenas dois animais amarelos para cada preto. Isso ocorre porque o gene que determina a pelagem amarela é letal quando aparece em dose dupla (homozigose). O embrião do camundongo homozigoto dominante chega a ser gerado, mas morre antes de nascer.

SAIBA MAIS

Por causa da primeira lei de Mendel, desaconselha-se o cruzamento entre indivíduos aparentados – também chamado casamento endogâmico ou consanguíneo. A consanguinidade aumenta a possibilidade de que os dois pais carreguem um gene recessivo que determina uma doença ou vulnerabilidade do organismo. Se herdar esse par de genes, o filho manifestará a anormalidade.

TERCEIRA ALTERNATIVA

Como a flor maravilha manifesta seus genes codominantes



1. A flor maravilha tem um alelo para a cor vermelha (com os genes **rr**) e outro para a cor branca (com os genes **ww**).

2. Qualquer que seja a combinação entre os genes, os alelos da geração F1 serão sempre **rw**. Como nenhum desses genes é dominante, o vermelho se mistura ao branco e nascem flores cor-de-rosa

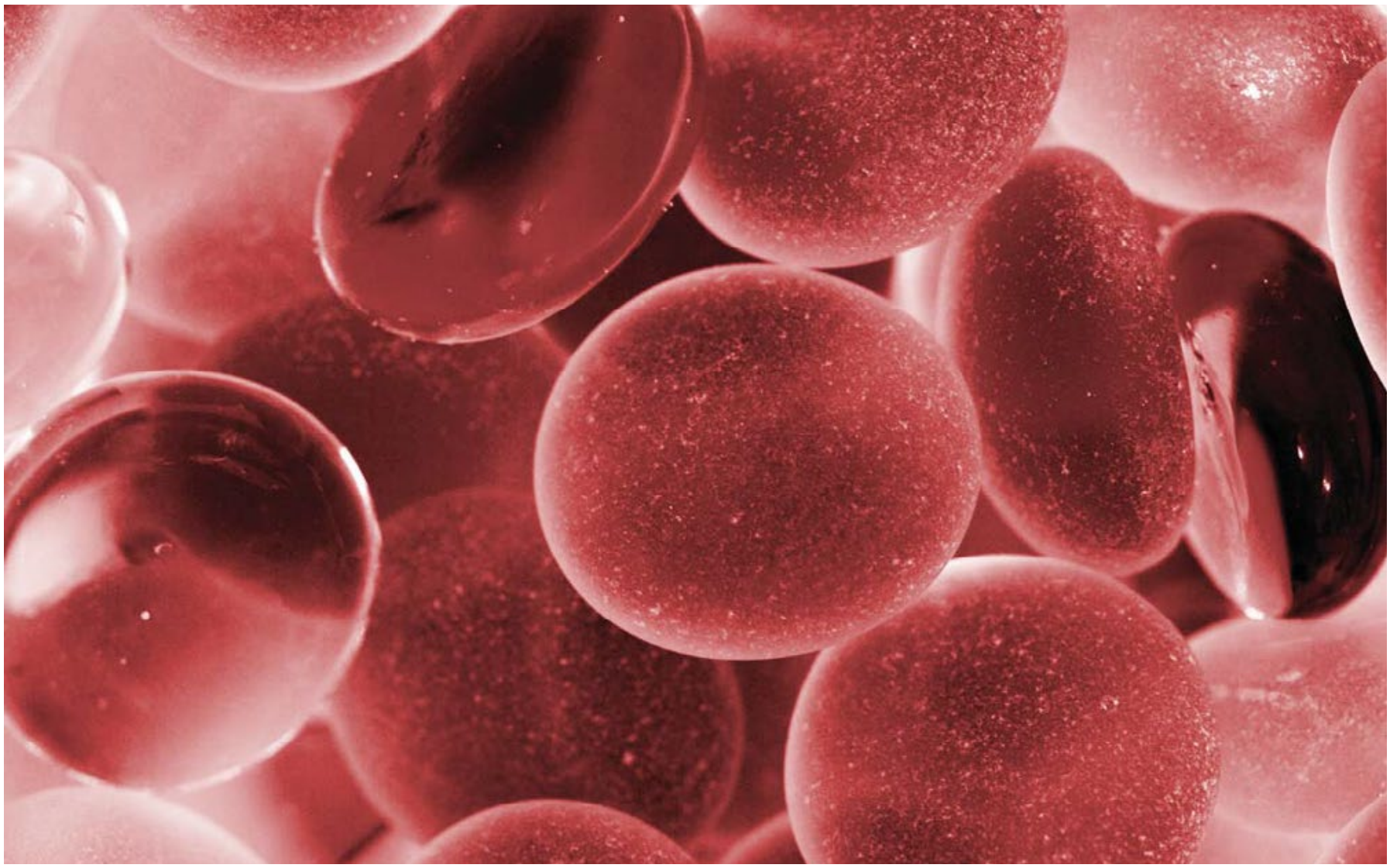
3. Já na segunda geração (F2), os genes de cada alelo podem combinar de diferentes maneiras, gerando alelos **rw**, **rr** e **ww**. Agora nascem flores rosa, brancas e vermelhas, na proporção de uma vermelha, uma branca e duas rosa

SAIBA MAIS

DAS ERVILHAS AOS HUMANOS

A segunda lei de Mendel pode ser observada em diversos fenótipos humanos. Por exemplo: do casamento entre um homem loiro, de cabelos lisos, e uma mulher morena, de cabelos crespos, podem nascer filhos com quatro fenótipos: loiros de cabelos lisos, loiros de cabelos crespos, morenos com cabelos lisos ou morenos com cabelos crespos.

ISTOCK



TUDO É VERMELHO, MAS PODE SER DIFERENTE O sangue pode ser do tipo A, B, AB ou O, dependendo da existência, ou não, de certos antígenos nas hemácias

Regras de compatibilidade

O sangue é a parte do organismo mais compartilhada entre os humanos. Por mais comuns que tenham se tornado os transplantes de alguns órgãos, como córneas, coração e rins, nada se compara ao número de transfusões sanguíneas realizadas no mundo hoje. Mas a história de sucesso das doações sanguíneas, que podem salvar vidas nas cirurgias ou em atendimentos de emergência, é bastante recente.

Houve um tempo em que o sangue era o componente mais misterioso do corpo humano. Durante milênios, filósofos e naturalistas desconheciam não apenas o sistema circulatório, mas também as substâncias que compõem esse fluido vermelho e as funções que ele desempenha. Foi o médico inglês William Harvey (1578-1657) quem decifrou parte desse enigma (*veja mais sobre o sistema circulatório no capítulo 4*).

As primeiras transfusões de que se tem notícia datam de pelo menos um século antes, em tentativas que, muitas vezes, acabavam em fatalidade. Os médicos de antigamente não faziam a menor ideia de que o sangue de um doador podia estar contaminado por algum agente patológico. Muito menos imaginavam que, apesar de ser sempre vermelho, o sangue pode variar em sua composição química de uma pessoa a outra, e que essa variação podia levar a uma reação séria do sistema imunológico.

Desde o início do século XX, os biomédicos sabem que, antes de uma transfusão, é preciso fazer um exame que indique se o sangue do doador é compatível com o tipo de sangue do receptor. Esses exames avaliam dois fatores determinados geneticamente e que variam de indivíduo para indivíduo: o **sistema ABO** e o **sistema Rh**. Existem dezenas de sistemas de tipagem sanguínea, mas esses dois são os mais importantes.

O que é o sangue

O sangue é a via de comunicação do corpo, por onde trafegam o oxigênio, os nutrientes provenientes dos alimentos já digeridos e os subprodutos do **metabolismo** – a série de reações químicas ocorridas no interior de cada célula –, que devem ser eliminados do organismo.

O oxigênio é carregado na forma de **oxiemoglobina** pelas **hemácias**, os **glóbulos ver-**

melhos. Essas células flutuam no **plasma**, um líquido formado principalmente de água, que carrega, além das hemácias, anticorpos, proteínas, açúcares, hormônios e dióxido de carbono, que será expelido pela respiração (*veja mais sobre sistema respiratório no capítulo 4*). São as hemácias e os anticorpos que definem a compatibilidade sanguínea entre duas pessoas.

Os tipos A, B, AB e O

Existem quatro tipos de hemácias, ou glóbulos vermelhos: A, B, O ou AB. A diferença entre essas variedades consiste na existência, ou não, de determinados **antígenos** encapando a superfície das células, os **aglutinogênios**. Lembrando: antígenos são substâncias que induzem o sistema imunológico a defender o organismo. Os antígenos podem vir do meio ambiente, como agentes causadores de doenças – bactérias e vírus –, ou ser produzidos pelo próprio organismo.

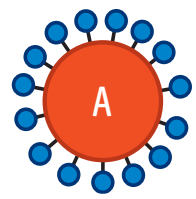
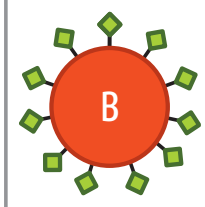
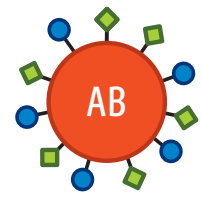
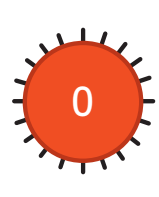
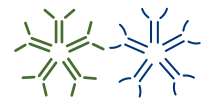
No caso das hemácias, os antígenos da capa protetora são proteínas sintetizadas de acordo com a informação contida no DNA. Existem dois tipos de aglutinogênio – o **antígeno A** e o **antígeno B**. Como depende do DNA, a síntese deste ou daquele antígeno varia de pessoa a pessoa, e por isso o sangue também varia.

Os antígenos ativam anticorpos, chamados **aglutininas**, no plasma. Existem vários tipos de aglutinina. As correspondentes aos antígenos A e B são a **anti-A** e a **anti-B**. Essas aglutininas se ligam às hemácias do sangue de um tipo diferente, provocando sua coagulação e destruição. Quem tem o antígeno A nas hemácias tem também, no plasma, a aglutinina anti-B, e vice-versa. Por isso, uma pessoa com sangue tipo A não pode receber o tipo B. No sentido inverso: um receptor do tipo B não pode receber sangue de um doador tipo A.

Existem outros dois tipos de sangue. Um deles é o **tipo O**, que não tem nenhum antígeno, mas possui as duas aglutininas, o anti-A e o anti-B. Por causa das aglutininas, quem tem sangue tipo O só pode receber sangue de quem não tem antígenos, ou seja, do mesmo tipo O. Por outro lado, o sangue tipo O pode ser usado em transfusões de pessoas com todos os demais tipos sanguíneos. Já que o sangue tipo O não tem antígenos, ele não pode ser aglutinado por nenhum sangue. Por isso, quem tem sangue tipo O é **doador universal.**

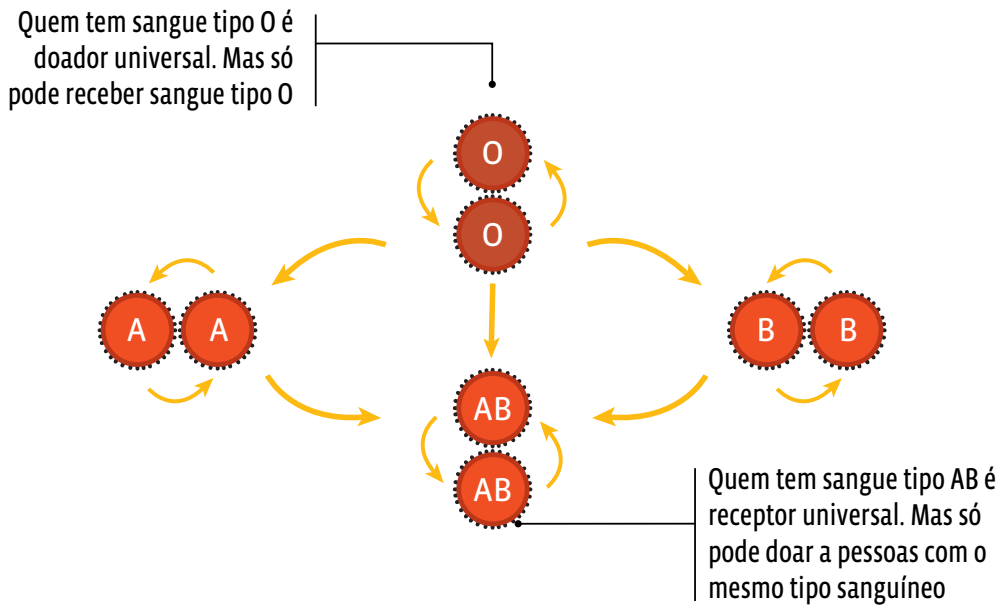
Outro tipo sanguíneo é o **AB**. Como tem os dois tipos de antígeno, não pode ser doado a ninguém que tenha aglutininas anti-A ou anti-B. Só pode ser recebido por quem tem também sangue do tipo AB. Por outro lado, a pessoa com sangue tipo AB, que não tem aglutininas, pode receber sangue de qualquer outro tipo. É o **receptor universal** (*veja acima*)

CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEM O TIPO SANGUÍNEO

Tipo de sangue	A	B	AB	O
Tipo de hemácia				
Aglutinogênio (antígeno)	Antígenos A	Antígenos B	Antígenos A e B	Não existem antígenos
Aglutinina (anticorpo)	Anti-B	Anti-A	Não existem anticorpos	 Anti-A e anti-B

SANGUE CERTO PARA CADA CASO

Quem pode doar e quem pode receber



Rh+ ou Rh-

A compatibilidade sanguínea depende de outra tipagem: o **fator Rh**. Uma pessoa (tenha ela sangue tipo A, B, AB ou O) pode ser **Rh positivo (Rh+)** ou **Rh negativo (Rh-)**. Isso depende da existência, ou não, de outro antígeno (chamado **antígeno D ou fator Rh**) na superfície das hemácias.

Nenhum organismo, seja ele Rh+, seja Rh-, nasce com anticorpos contra o fator Rh no plasma. Mas indivíduos Rh- (ou seja, que não têm o antígeno D nas hemácias) são capazes de produzir esses anticorpos (denominados **anti-Rh**) se entrarem em contato com sangue Rh+, criando uma barreira imunológica e a incompatibilidade sanguínea. Como a produção dos anticorpos demora um pouco, não ocorrem problemas imediatos na transfusão, mas a longo prazo.

ISTOCK

Um desses problemas é a eritroblastose fetal, ou doença hemolítica do recém-nascido (DHRN). Eritroblastose é uma enfermidade que provoca o rompimento da membrana das hemácias e libera a hemoglobina no plasma. Com a destruição das hemácias, o indivíduo corre o risco de ficar anêmico, ou ter alterado o tamanho de alguns órgãos. Em crianças, a doença é desenvolvida ainda na gestação ou no período perinatal (de recém-nascido), mas apenas quando a mãe é Rh- e o bebê, Rh+. Nesse caso, o sangue materno desenvolve o anticorpo anti-Rh, que destruirá as hemácias do filho. Na primeira gravidez, o organismo da mãe desenvolve a imunidade, e o feto não é atingido pelos anticorpos. Mas, na segunda, se a criança tiver novamente Rh+, os anticorpos da mãe podem atacar as hemácias do feto. A doença pode ser combatida com uma transfusão de sangue Rh- no feto.

O que define o tipo e o fator RH

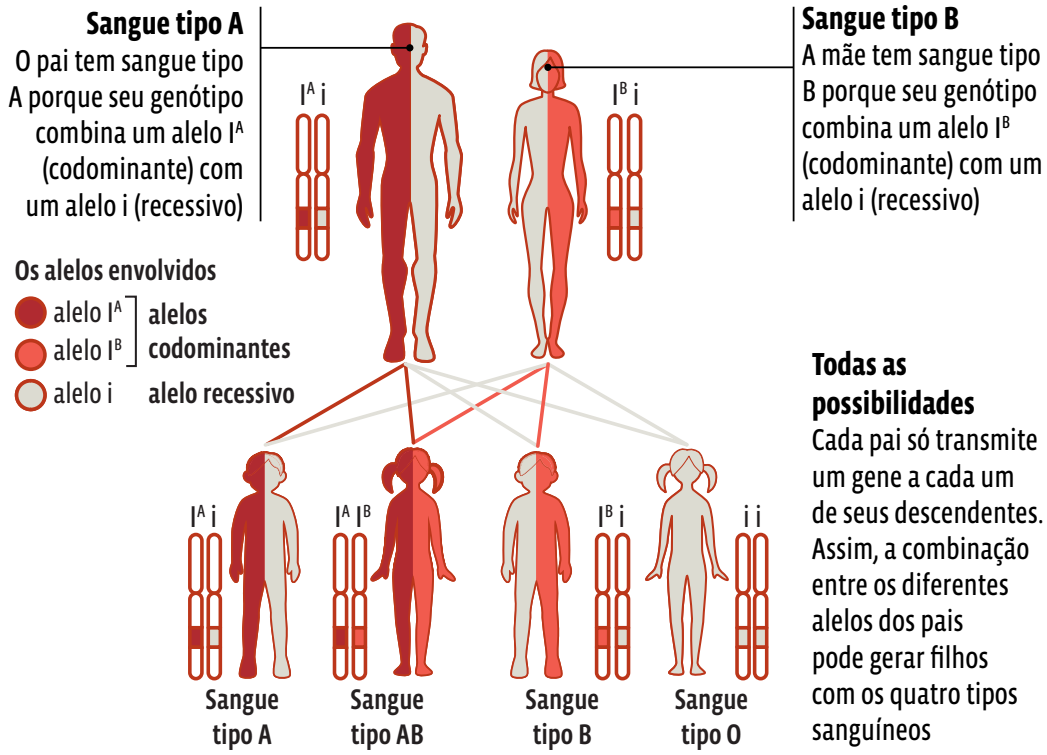
Na espécie humana, a definição do tipo sanguíneo envolve três genes alelos. É uma herança do tipo polialelia ou de **alelos múltiplos**. Na população ocorrem três ou mais alelos, mas cada indivíduo apresenta uma combinação de apenas dois deles. Dos três alelos que podem determinar o tipo sanguíneo, dois são codominantes: o alelo $\mathbf{I^A}$, que determina a produção do aglutinogênio A, e o $\mathbf{I^B}$, que determina a produção do aglutinogênio B. Há também um alelo recessivo, i, que não determina a produção de nenhum aglutinogênio (*veja o infográfico ao lado*).

A herança do fator Rh é simples, só um caso de dominância completa, como a reprodução de ervilhas de Mendel (*veja a Aula 1 deste capítulo*). Se uma pessoa terá Rh positivo ou negativo, isso é determinado por um gene dominante, geralmente chamado de **R** ou **D**, que define a produção do antígeno fator Rh, e seu alelo recessivo, **r** ou **d**, que não faz nada (*veja o infográfico ao lado*). Os exames para conhecer o tipo sanguíneo de uma pessoa são feitos aplicando-se um soro que contém os anticorpos anti-A, anti-B e anti-Rh em três gotas separadas de sangue. Esses anticorpos detectam respectivamente os aglutinogênios A, B e fator Rh, produzindo uma reação de aglutinação das hemácias, ou seja, de coagulação.

Agora, podemos reapresentar a tabela completa de tipos sanguíneos, associando fenótipos (tipo de sangue) ao genótipo correspondente (conjunto de genes que podem gerar tais características). Veja ao lado.

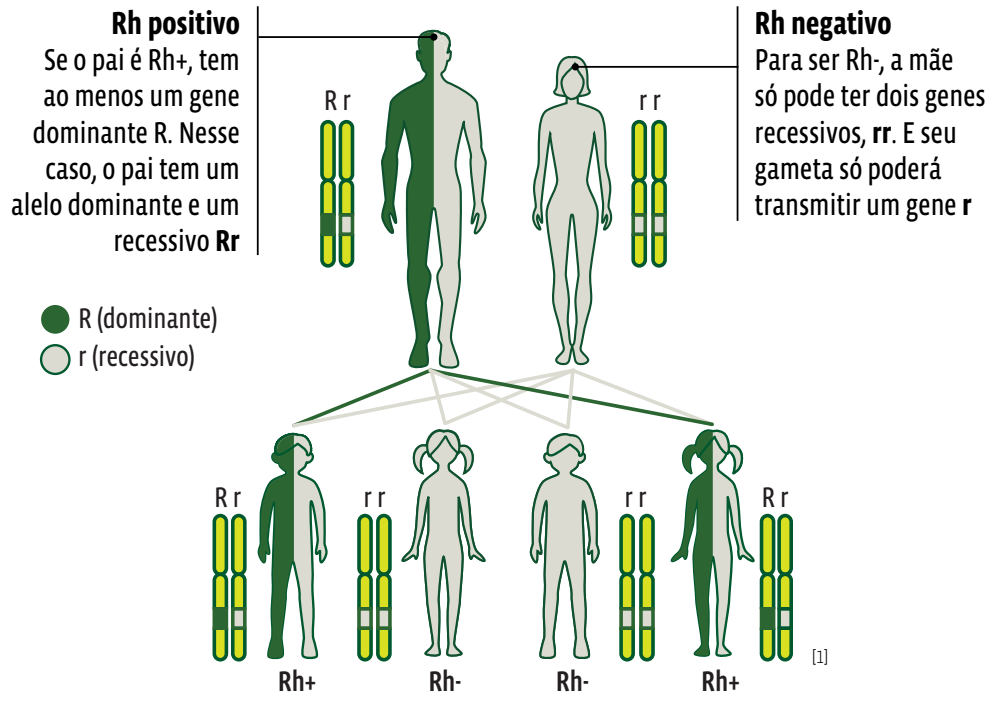
A, B OU O, DE PAIS PARA FILHOS

As possíveis combinações de alelos que definem o tipo de sangue



TRANSMISSÃO DO FATOR RH

Uma criança nasce Rh+ ou Rh- conforme a combinação de dois genes apenas



A RECEITA GENÉTICA DE CADA TIPO DE SANGUE

Fenótipo (tipo sanguíneo)	Genótipo
A	I^AI^A ou I^Ai
B	I^BI^B ou I^Bi
AB	I^AI^B
O	ii
Rh+	RR e Rr (ou DD e Rd)
Rh-	rr (ou dd)

[2]

AZUL OU COR-DE-ROSA Os cromossomos sexuais X e Y, que definem o sexo, podem transmitir algumas características hereditárias, como o daltonismo

As regras para o masculino ou o feminino

Autossomos são cromossomos nos quais se encontram genes que codificam características comuns a machos e fêmeas. Esses cromossomos são iguais em homens e mulheres. ►

Na maioria das espécies animais – mas não em todas –, o sexo é determinado antes do nascimento, pela genética. No caso da espécie humana, esses genes estão em dois pares de cromossomos especiais – **os cromossomos sexuais X e Y**. Isso significa que, dos 46 cromossomos existentes em todas as células do corpo humano, 44 são **autossomos** e apenas dois são sexuais, ou seja, só dois carregam informações genéticas relacionadas ao sexo.

Uma pessoa é do sexo feminino quando tem dois cromossomos X, e do sexo masculino quando tem um X e um Y. Lembrando: os gametas (células sexuais) têm apenas um cromossomo sexual. Então, as mulheres só produzem gametas, ou seja, óvulos, com um cromossomo X. Já os homens formam metade de seus gametas (espermatozoides) com um cromossomo Y e a outra metade com um X. Isso significa que o que determina o sexo de um bebê é o espermatozoide.

O tamanho define a forma

Recordando: durante a meiose, o processo de divisão celular que dá origem às células reprodutivas, os cromossomos X e Y se emparelham e trocam informações (*veja mais sobre meiose no capítulo 1*). Mas a região em que os cromossomos sexuais são homólogos é muito curta, pois o cromossomo Y é muito pequeno. Tem apenas cerca de 30 genes, sempre relacionados ao desenvolvimento das características sexuais masculinas. Todos os homens – e só os homens – herdam o cromossomo Y do pai. Portanto, só eles recebem essas características. Esse tipo de transmissão genética, que se dá apenas entre pai e filhos do sexo masculino, é chamado **herança restrita ao sexo** ou **holândrica**. É restrito ao sexo porque só eles recebem características como testículos. A herança holândrica permite, por exemplo, que se determine a paternidade de um garoto pela comparação do DNA do cromossomo Y dele com o do suposto pai.

[1] ESTÚDIO PINGADO [2] ISTOCK

Já o cromossomo X é muito maior e carrega outros genes, envolvidos com várias características não diretamente relacionadas ao sexo, que podem se manifestar tanto nos filhos do sexo masculino quanto nos do sexo feminino. A transmissão dos genes da região não homóloga do cromossomo X é chamada **herança ligada ao sexo** ou **ligada ao cromossomo X.** Um exemplo de característica transmitida por herança ligada ao cromossomo X é o daltonismo, a dificuldade em identificar cores.

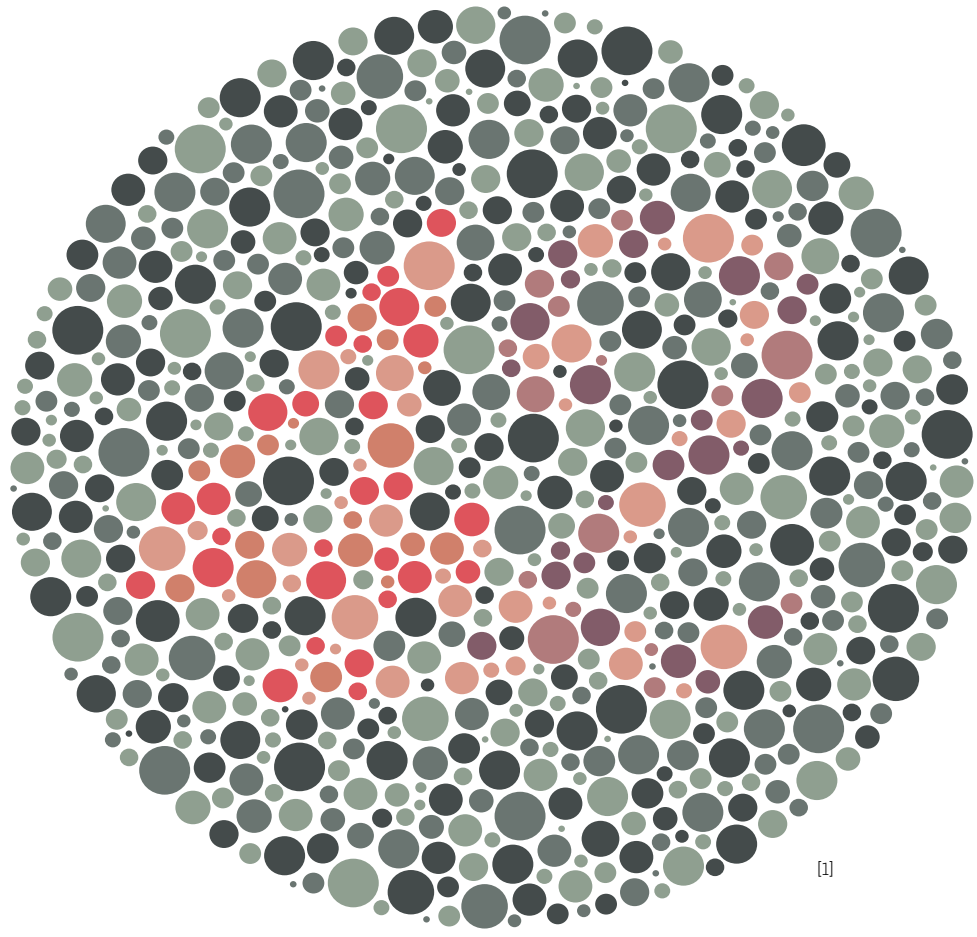
Herança ligada ao sexo

Para percebermos a diferença entre as cores, usamos determinadas células da retina cujo funcionamento depende de uma proteína importante. Essa proteína é sintetizada sob o comando de um par de genes que existe apenas no cromossomo X. E fica numa região de X em que não há genes correspondentes no cromossomo Y. O daltonismo é desencadeado por um alelo recessivo anormal nesse par de genes.

Mas não são as mulheres as que mais apresentam o daltonismo como fenótipo. Ao contrário, os daltônicos, na maioria, são homens. Explica-se: um menino recebe apenas um cromossomo X (o outro cromossomo é o Y, obrigatoriamente

CADÊ O NÚMERO DAQUI?

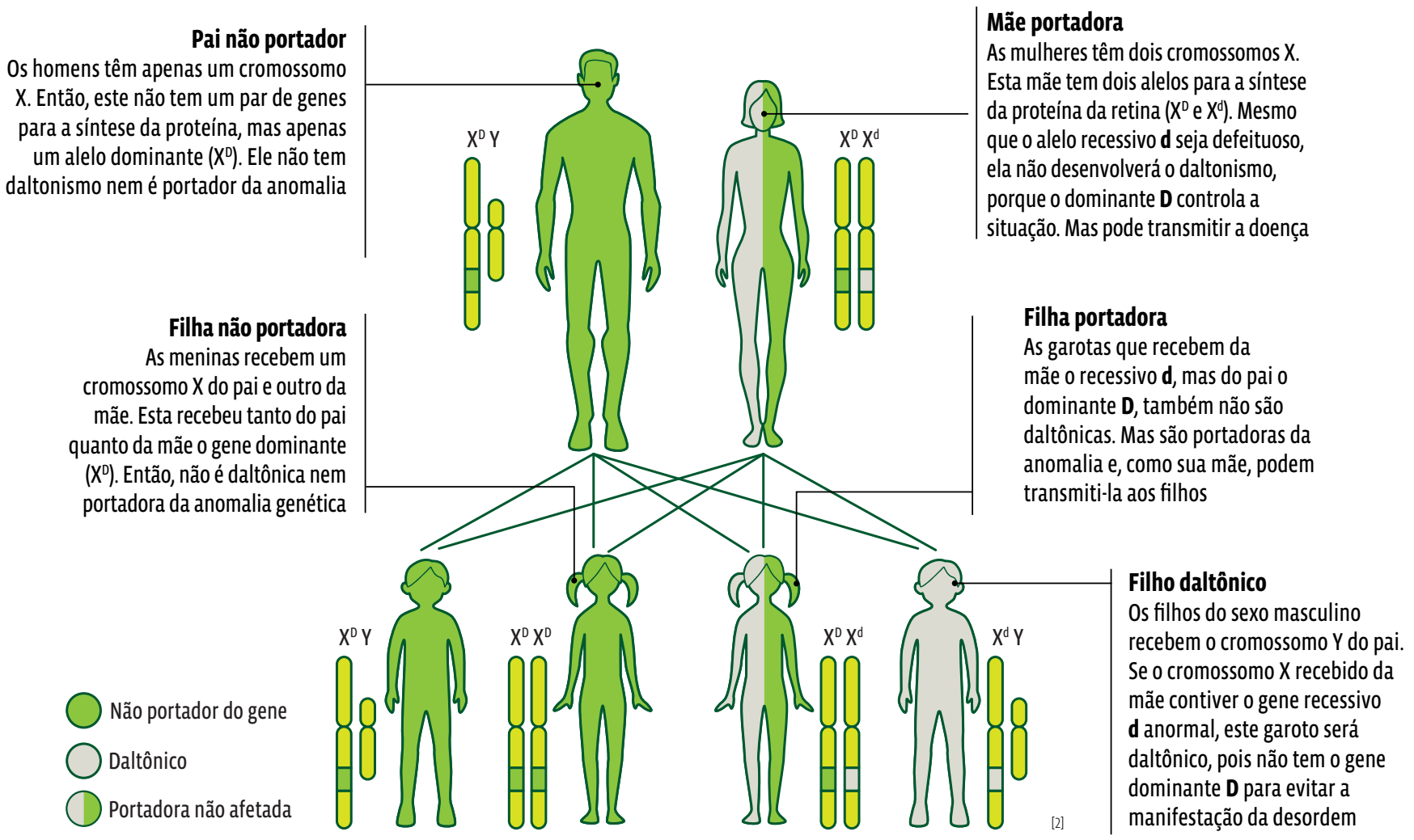
Se você não for daltônico, perceberá o que está escondido na mancha



[1]

ELAS TRANSMITEM, ELES SÃO AS VÍTIMAS

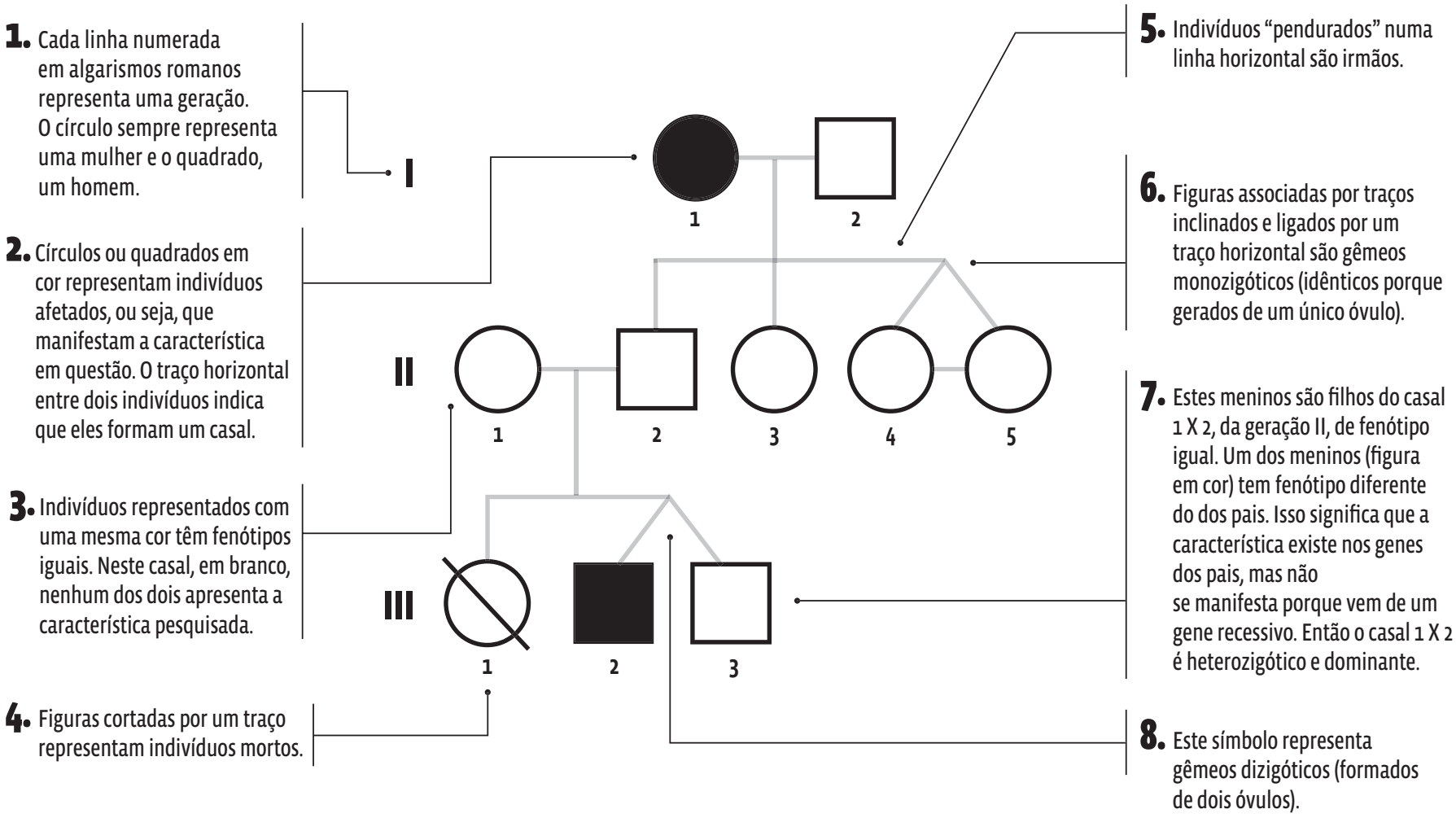
O daltonismo é um defeito num alelo recessivo que só existe no cromossomo X. Mas se manifesta principalmente nos homens



[2]

MAPA DA HEREDITARIEDADE

O heredograma mostra como um fenótipo se transmite ao longo das gerações



SAIBA MAIS

Uma mulher só é daltônica se tiver um par de alelos defeituosos e recessivos dd. E isso só ocorre se ambos, sua mãe e seu pai, tiverem esse gene recessivo. Já aos homens basta ter um único gene recessivo d. Para eles, qualquer alelo presente no cromossomo X tem o peso de um dominante e se expressa no fenótipo daltonismo.

herdado do pai). Se justamente esse cromossomo X contiver o recessivo problemático, o garoto desenvolverá o distúrbio. Já uma garota, que recebe sempre dois cromossomos X (um do pai, outro da mãe), precisa ter dois genes recessivos anormais para se tornar daltônica. Veja no infográfico da página ao lado como se dá a transmissão do daltonismo.

A hemofilia, que provoca a dificuldade de coagulação do sangue, é outra doença transmitida por herança ligada ao cromossomo X. O gene defeituoso que causa a hemofilia, normalmente indicado como o recessivo **h**, é bem mais raro que o do daltonismo. Mas seu mecanismo de transmissão é o mesmo. E mais uma vez os homens constituem a maioria dos que apresentam essa doença.

Como as abelhas fazem

Nem todas as espécies animais se reproduzem pela combinação de genes dos pais. As abelhas, por exemplo, podem se reproduzir de duas maneiras – e cada uma delas resulta em descendentes de sexos diferentes.

Nos zangões, todas as células, sejam elas somáticas, sejam elas reprodutivas, são haploides (n), ou seja, todas têm apenas um cromossomo de cada tipo, e não pares deles. Esses machos nascem de óvulos das abelhas fêmeas não fecundados. A reprodução se dá por **partenogênese**, um tipo de reprodução assexuada em que os óvulos se dividem por mitose, originando adultos haploides.

Os zangões também usam a mitose para gerar suas células reprodutivas (os espermatozoides, ou gametas masculinos). Essas células são cópias perfeitas dos óvulos maternos que os originaram. Assim, um zangão transmite aos seus descendentes todos os genes que recebeu de sua mãe.

Já as fêmeas têm células somáticas diploides (2n), mas óvulos haploides. Uma abelha fêmea é gerada de óvulos fecundados pelos zangões, ou seja, da combinação dos cromossomos do macho e da fêmea.

A diferença entre as abelhas operárias e a abelha-rainha não surge na hora da reprodução, mas mais tarde, no tipo de alimentação que as larvas recebem. Aquelas que têm uma dieta básica originam as abelhas operárias, responsáveis pela proteção e limpeza da colmeia, pela procura de alimentos e pela preparação dos favos. Para nascer uma abelha-rainha, a larva tem de receber uma dieta especial, mais rica – a geleia real. A abelha-rainha tem como única função garantir a perpetuação da colmeia, por meio da reprodução.

[1] ISTOCK [2] ESTÚDIO PINGADO

[1]

DO LABORATÓRIO PARA O CAMPO O milho é o segundo produto agrícola mais cultivado por transgenia em todo o mundo. Perde apenas para a soja

A natureza modificada

No livro infantil *A Reforma da Natureza*, Monteiro Lobato conta como a boneca Emília se põe a refazer o que ela considera "malfeito" no mundo natural. Da lista de mirabolantes criações constam moscas sem asas, um porco magro e abóboras que nascem em jabuticabeiras. No fim, todas as reformas resultaram em problemas. No fundo, o livro, publicado pela primeira vez em 1939, trata do antigo desejo humano de alterar a natureza (e dos problemas que isso pode acarretar). Mas Lobato provavelmente não imaginou que sua narrativa contivesse a ideia básica do que hoje o homem faz por meio da biotecnologia.

Desde a descoberta da estrutura do DNA, nos anos 1950 (*veja no capítulo 1*), a aplicação dos mecanismos da biologia molecular já resultou numa série de produtos e processos que fazem parte do cotidiano de qualquer consumidor. Dos laboratórios de biotecnologia saem para as farmácias medicamentos inteligentes. Os hospitais aplicam terapias de ponta, que revolucionam o tratamento do câncer ou de problemas cardíacos. A agropecuária conta com variedades de espécies animais e vegetais resistentes a doenças e pragas. E a indústria alimentícia apresenta guloseimas mais saborosas e nutritivas. Mas, como costuma ocorrer com novidades tecnológicas, a biotecnologia levanta uma série de questionamentos e críticas, tanto com relação à segurança alimentar quanto a aspectos éticos.

Caldo de genes

Uma das principais polêmicas se dá em torno dos **transgênicos,** ou **organismos geneticamente modificados** (OGM). São organismos

de qualquer espécie que têm, no genótipo, um gene exógeno, ou seja, de outra espécie, introduzido artificialmente. Com as ferramentas da engenharia genética, os cientistas manipulam os genes de um organismo e podem, com isso, modificar suas características.

As possibilidades são imensas: os biólogos moleculares sabem atualmente como construir uma bactéria que leva um gene humano, uma planta que carrega gene de um fungo ou uma rosa com genes de petúnia. Não é brincadeira de cientista maluco, não. Milhões de dólares são investidos nessas pesquisas para criar organismos que produzam medicamentos, tornem um alimento mais nutritivo ou acelerem o crescimento de uma plantação.

Entre os OGMs mais surpreendentes da engenharia genética estão as bactérias, que produzem proteínas essenciais para o corpo humano, como a insulina. Pessoas diabéticas têm problema na produção desse hormônio, responsável por fazer as células assimilar e utilizar a glicose existente no sangue em seu metabolismo. Daí a importância de os cientistas terem descoberto como construir uma fábrica viva de insulina (*veja o infográfico abaixo*).

A polêmica sobre os transgênicos passa, primeiramente, pelos alimentos. Os críticos temem que não se conheçam as possíveis consequências de longo prazo da ingestão de OGMs pelo homem. Eles temem, também, que plantas geneticamente modificadas para resistir a uma praga transmitam essa informação genética a outras ao redor da plantação, ameaçando a biodiversidade.

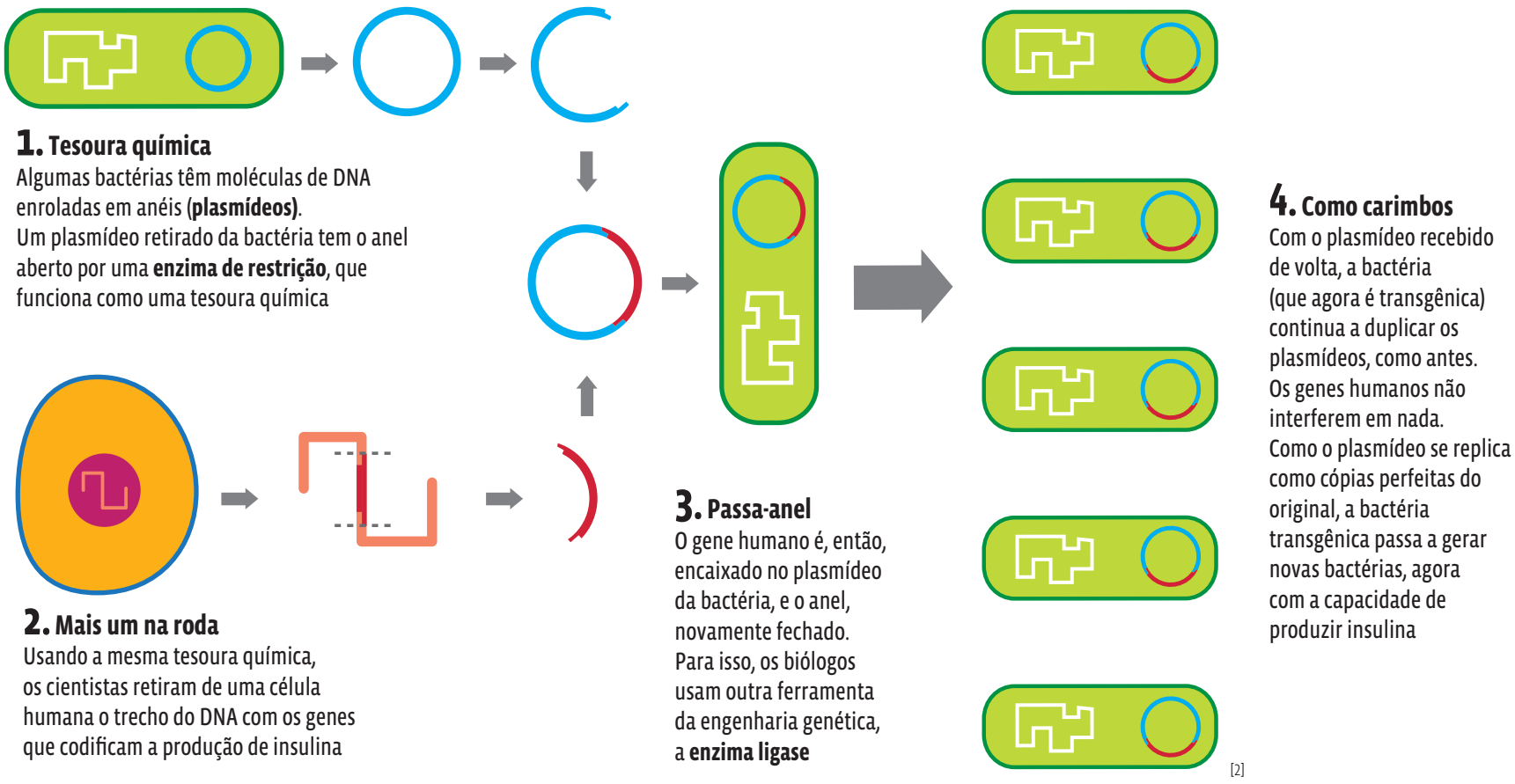
Genoma humano

As ferramentas moleculares da engenharia genética fazem mais do que construir OGMs. Com elas é possível, ainda, **sequenciar** o DNA de uma espécie, ou seja, descobrir a ordem em que se dispõem ao longo das hélices da molécula as bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina e timina (*veja mais sobre as bases no capítulo 1*). O sequenciamento de DNA tem objetivos muito práticos. É o primeiro passo para identificar os genes responsáveis por determinadas características de um organismo. Depois, para modificar ou aproveitar essas características, basta manipular os genes.

Já se conhece a maioria dos cerca de 30 mil genes da espécie humana e boa parte das proteínas codificadas por eles. Até as muitas regiões não codificantes – os **genes silenciosos** – importam. Os genes silenciosos não se distribuem de maneira idêntica ao longo do DNA em todos os indivíduos. Ao contrário, cada pessoa tem uma

FÁBRICA VIVA DE INSULINA

Com genes humanos, uma bactéria produz o hormônio indispensável para o funcionamento das células



[1] ISTOCK [2] ESTÚDIO PINGADO

assinatura única, que pode ser usada em testes de DNA para identificar um indivíduo através do seu material genético. Com gotas de sangue ou de sêmen, fios de cabelo ou pelos, a ciência forense comprova se um suspeito esteve no local do crime. Mais do que isso, como metade dessas regiões é herdada do pai e outra metade, da mãe, é possível identificar os pais biológicos de qualquer pessoa (*veja o infográfico na próxima página*).

A decodificação do genoma humano não é menos polêmica do que os OGMs. Uma das preocupações, neste caso, é com o direito à privacidade de cada pessoa – e, portanto, o direito de não informar ao mundo seus traços genéticos. Outra preocupação é com o possível mau uso das informações genéticas de uma pessoa ou de um grupo delas, para efeito de discriminação. Teme-se, por exemplo, que um candidato a uma vaga de emprego não consiga a posição porque seus genes apontam uma tendência a desenvolver uma doença, como câncer.

Células-tronco

A biotecnologia não faz apenas a manipulação de genes, mas também de **células-tronco.** Essas células são como curingas. Transferidas para o meio de cultura adequado, podem crescer como células de qualquer tecido ou órgão. Existem três tipos de células-tronco. **As embrionárias** são encontradas na fase de desenvolvimento do embrião chamada **blastocisto**. Estas têm o maior potencial de transformação (são pluripotentes). Existem células-tronco também no cordão umbilical, com um potencial menor, mas ainda muito grande. E há, por fim, as células de tecidos adultos, com capacidade de se diferenciar em apenas alguns tipos de célula. Entre os três tipos, as embrionárias são as ideais, porque podem substituir qualquer tipo de célula de um tecido ou órgão doente – como os músculos atingidos por um infarto. Mas aproveitar as células-tronco de um embrião exige um procedimento que esbarra em questões éticas: a clonagem humana. Os cientistas têm, então, buscado novos meios de obter células pluripotentes de células-tronco adultas.

Blastocisto é a fase inicial do desenvolvimento dos mamíferos no útero materno, em que as células ainda não se diferenciaram. Na espécie humana, o embrião se torna um blastocisto depois de cinco ou seis dias e contém cerca de 200 células-tronco. ►

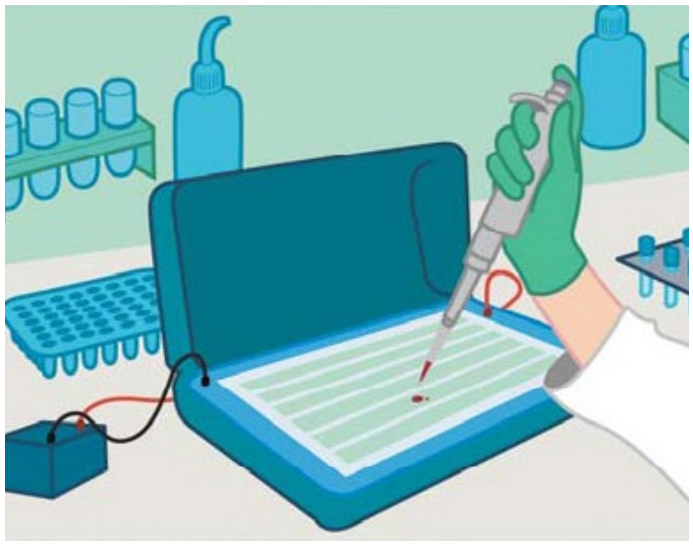
Células-tronco são células ainda não diferenciadas, ou seja, que não desenvolveram a especialização que fará delas células de pele, de coração ou de pulmão. ◄

Clonagem

Clonagem é o processo de reprodução assexuada que gera indivíduos de genoma idêntico ao do pai. É um processo natural entre bactérias e plantas. Quando se reproduzem, as bactérias simplesmente se dividem e criam dois clones. Na

A LEITURA DO CÓDIGO DE BARRAS

Como são feitos os testes que comprovam quem é o pai biológico de duas crianças



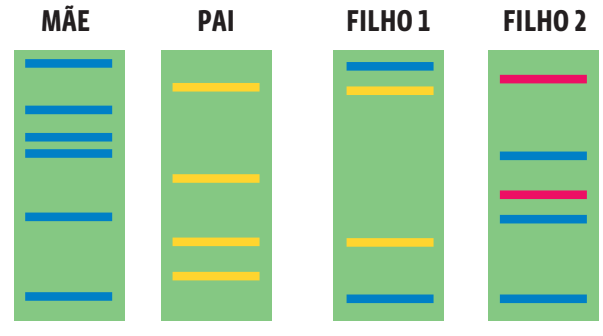
[1]

1. Sangue do meu sangue?
O primeiro passo é coletar amostras sanguíneas das crianças, da mãe e do suposto pai. Desse sangue serão retiradas células, com o DNA no núcleo

2. DNA despedaçado
Usando a enzima de restrição, que funciona como uma tesoura química, a molécula do DNA de cada uma das amostras é cortada em fragmentos

3. Corrida elétrica
Os fragmentos são colocados em pequenos buraquinhos em uma das extremidades de uma lâmina de gel. Esse gel recebe, então, uma corrente elétrica, que impulsiona os pedaços de DNA numa espécie de corrida

4. Não é o papai
A velocidade de cada fragmento depende de seu tamanho: os menores são mais rápidos. A ordem de chegada dos genes de cada amostra fica registrada em bandas. Aí é só comparar as bandas das amostras e identificar as coincidências entre a banda das crianças e a do suposto pai



A mãe e o pai transmitem 50% de seus genes (ativos ou silenciosos) a cada um dos filhos. Assim, o material genético deles deve trazer trechos coincidentes com os dois progenitores

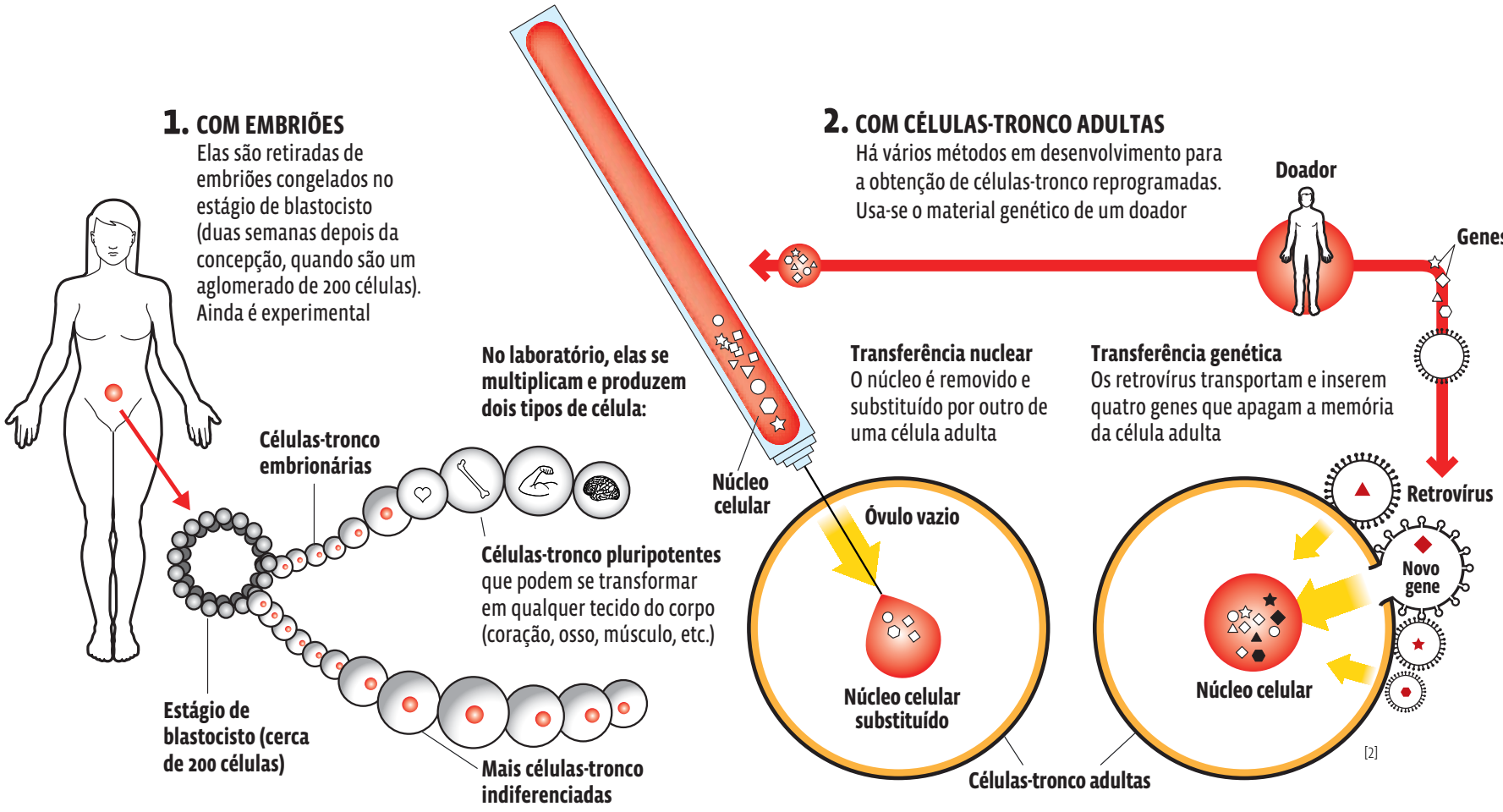
Esta criança tem bandas coincidentes com as bandas do pai e da mãe

As bandas deste filho coincidem com as da mãe, mas não com as do suposto pai. Ele não é o pai biológico

Regiões inativas da mãe
Regiões inativas do suposto pai
Regiões inativas nem da mãe nem do suposto pai

DOIS MEIOS PARA UM MESMO FIM

As células-tronco pluripotentes podem ser obtidas de embriões ou de células-tronco adultas



SAIBA MAIS

DOLLY (1996-2003)

A ovelha inglesa Dolly foi o primeiro mamífero a ser clonado de uma célula somática adulta. O embriologista escocês Ian Wilmut retirou o núcleo de uma célula da glândula mamária de uma ovelha e o inseriu como núcleo do óvulo de outra ovelha. O zigoto foi implantado nesse segundo animal para se desenvolver. A ovelhinha nasceu normal. Mas morreu cedo, aos 6 anos de idade, com problemas nos pulmões e artrite.

espécie humana, gêmeos idênticos (univitelinos, que apresentam o mesmo material genético por ser originários de um mesmo zigoto) são clones.

A polêmica em torno da clonagem tem a ver com a geração do embrião de um ser humano e, principalmente, com o uso desse clone para a retirada de células-tronco. A ciência já sabe como clonar um animal adulto. Uma das técnicas utilizadas por cientistas é a transferência do núcleo de uma célula somática, da qual se desprezam o citoplasma e a membrana, para um óvulo da mesma espécie, do qual se despreza o núcleo. O resultado é uma célula com citoplasma de óvulo e núcleo de célula diploide, que poderá se desenvolver em um embrião que será implantado em um útero de aluguel. Foi assim que a ovelha Dolly, o primeiro clone de mamífero, foi criada, em 1996 (*veja o quadro ao lado*).

A clonagem que deu origem à Dolly é chamada **clonagem reprodutiva** – aquela em que a célula manipulada é implantada no útero de uma fêmea. A produção de células-tronco em laboratório emprega outro tipo de clonagem – a **clonagem terapêutica.** Nela, o óvulo não é implantado no útero para se transformar num novo indivíduo, mas se desenvolve numa cultura. Depois de cinco ou seis dias, o embrião entra na fase de blastocisto. E é então que os cientistas retiram as células-tronco para cultivá-las como células específicas deste ou daquele tecido.

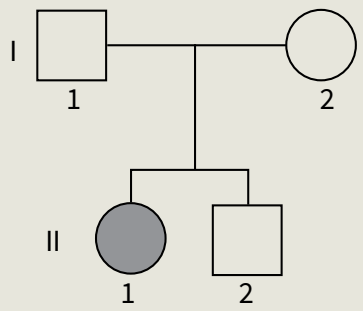
Polêmica

A clonagem de qualquer tipo – reprodutiva ou terapêutica – é assunto polêmico. A reprodutiva assusta porque traz embutida a ideia de que seja possível manipular os genes, gerando seres humanos "sob encomenda". Já a oposição à clonagem terapêutica é mais forte nos meios religiosos, que não admitem a manipulação nem a destruição de um embrião, mesmo em sua fase inicial de desenvolvimento, para retirada de células-tronco. Para os religiosos, ainda que as células não tenham se especializado, o embrião já constitui uma pessoa, um ser humano. E destruí-lo seria assassinato.

Mas essa polêmica pode logo chegar ao fim. Equipes de cientistas têm anunciado a obtenção de células-tronco com a potencialidade das embrionárias sem precisar de embriões. O segredo está em reprogramar células adultas com a introdução de características embrionárias em seu núcleo. Já foram produzidas cepas dessas células-tronco induzidas para estudo do tratamento de males como distrofia muscular e síndrome de Down (*veja o infográfico acima*).

[1] ESTÚDIO PINGADO [2] MÁRIO KANNO/MULTISP

1. (FUVEST 2016) **No heredograma a seguir, a menina II-1 tem uma doença determinada pela homozigose quanto a um alelo mutante de gene localizado num autossomo.**



A probabilidade de que seu irmão II-2, clinicamente normal, possua esse alelo mutante é

a) 0
b) 1/4
c) 1/3
d) 1/2
e) 2/3

RESOLUÇÃO

Se a menina II-1 é portadora de uma doença determinada pela homozigose de um alelo mutante, e seus pais (I-1 e I-2) são normais, ou seja, não são doentes, podemos deduzir que a doença é causada por um gene recessivo (a) e os pais da menina são heterozigotos para essa característica (Aa). Se os pais fossem recessivos (aa), não poderiam ter uma filha com característica diferente deles. Se fossem homozigotos dominantes (AA), ou se pelo menos um dos pais fosse AA, também não poderiam ter uma filha com característica diferente deles, porque todos os descendentes receberiam pelo menos um alelo A e apresentariam a característica dominante, como a dos pais.

Para determinar a probabilidade de o irmão II-2 ser portador do alelo mutante, fazemos o cruzamento entre os pais Aa:

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Sabemos que II-2 não é aa, pois não é portador da doença. Então, esse filho só pode ser Aa. E a probabilidade de que isso ocorra é de 2/3.
Resposta: E

2. (UNESP 2016) **Sílvio e Fátima têm três filhos, um deles fruto do primeiro casamento de um dos cônjuges. Sílvio é de tipo sanguíneo AB Rh⁻ e Fátima de tipo O Rh⁺. Dentre os filhos, Paulo é de tipo sanguíneo A Rh⁺, Mário é de tipo B Rh⁻ e Lucas é de tipo AB Rh⁺. Sobre o parentesco genético nessa família, é correto afirmar que**

a) Paulo e Mário são irmãos por parte de pai e por parte de mãe, e Lucas é filho de Sílvio e não de Fátima.
b) Lucas e Mário são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
c) Paulo e Lucas são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
d) Paulo e Mário são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
e) Lucas e Mário são irmãos por parte de pai e por parte de mãe, e Paulo é filho de Sílvio e não de Fátima.

RESOLUÇÃO

Organizando as informações sobre a família:

	fenótipo	genótipo
Sílvio (pai)	AB Rh $^-$	I_AI_B rr
Fátima (mãe)	O Rh$^+$	ii R_
Paulo (filho)	A Rh$^+$	I_A_ R_
Mário (filho)	B Rh $^-$	I_B_ rr
Lucas (filho)	AB Rh$^+$	I_AI_B R_

O segredo é analisar o fenótipo e o genótipo dos pais, Sílvio e Fátima: Sílvio apresenta os alelos I_A e I_B. E esses alelos estão presentes nos três filhos: I_A em Paulo, I_B em Mário, e I_AI_B em Lucas. Então, pelo sistema ABO, Sílvio pode ser pai de todos os meninos. Com relação ao sistema Rh, Sílvio é Rh$^-$. Portanto, só apresenta alelos *r*. Esses alelos existem em Mário e os outros dois filhos também podem ter um alelo *r* (em *Rr*). Nesse caso, Paulo e Lucas teriam recebido *R* da mãe e *r* de Sílvio. Novamente, Sílvio pode ser pai de todos os meninos.
Para Fátima: pelo sistema Rh, ela pode ser mãe dos três meninos. Acompanhe o raciocínio: se ela for *Rr*, terá transmitido *R* para Paulo e Lucas, e *r* para Mário. Mas essa possibilidade é derrubada pela análise do sitema ABO. Acompanhe: Fátima tem sangue tipo *O*, com os alelos *ii*. Então, ela pode ser mãe de Paulo e Mário, se eles forem I_Ai e I_Bi, respectivamente. Mas não pode ser mãe de Lucas, já que ele é AB e, portanto, não apresenta o alelo *i*. Concluindo: Silvio é pai dos três meninos. Fátima é mãe de Paulo e Mário, mas não de Lucas.
Resposta: A

3. (ENEM 2015) *A palavra "biotecnologia" surgiu no século XX, quando o cientista Herbert Boyer introduziu a informação responsável pela fabricação da insulina humana em uma bactéria para que ela passasse a produzir a substância.*

Disponível em: www.brasil.gov.br. Acesso em 28 jul. 2012 (adaptado).

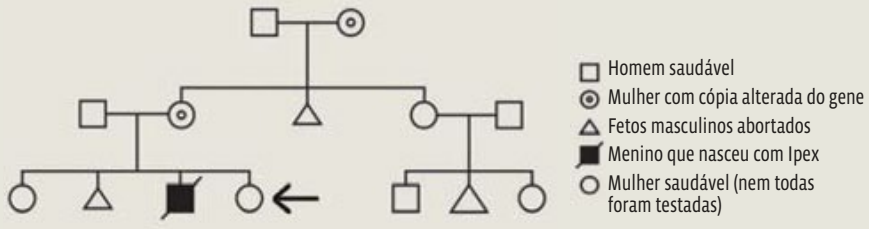
As bactérias modificadas por Herbert Boyer passaram a produzir insulina humana porque receberam

a) a sequência de DNA codificante de insulina humana.
b) a proteína sintetizada por células humanas.
c) um RNA recombinante de insulina humana.
d) o RNA mensageiro de insulina humana.
e) um cromossomo da espécie humana.

RESOLUÇÃO

Para que uma bactéria produza insulina humana, ela deve receber, por meio de engenharia genética, o gene que codifica a insulina, ou seja, a sequência de DNA codificante de insulina humana. Essa sequência de DNA humano é incorporada ao DNA bacteriano e o microrganismo passa a transcrever esse gene em RNA mensageiro, que será traduzido pelos ribossomos na proteína insulina. Essa bactéria é transgênica porque recebeu gene de outra espécie, a humana.
Resposta: A

4. **(CESGRANRIO 2016)** **A Ipex é uma doença autoimune, incomum e grave, que acomete crianças logo após o parto ou ainda durante a vida intrauterina, podendo resultar em morte do bebê durante a gestação. A origem dessa doença são alterações no gene FOXP3, situado no cromossomo X e que controla o amadurecimento de linfócitos T reguladores. Esse gene existe em cópia dupla, nas mulheres, e simples, nos homens. Mulheres que apresentam uma das cópias alterada do gene não desenvolvem a doença autoimune. A genealogia abaixo mostra alguns indivíduos de uma família com casos de Ipex.**



Disponível em <http://revistapesquisa.fapesp.br/2015/05/15/batalha-interior/>. Acesso em: jul. 2015. Adaptado.

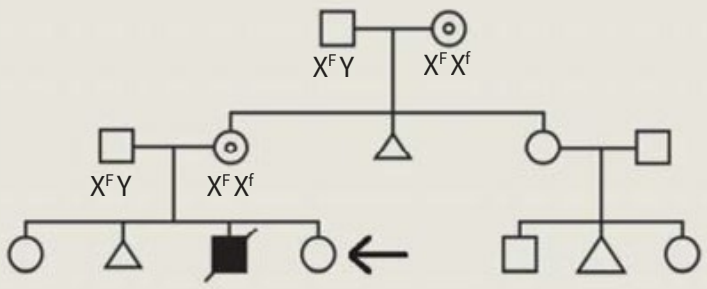
A partir da análise da genealogia apresentada acima, conclui-se que o indivíduo assinalado com a seta

a) é acometido pela doença autoimune Ipex.
b) é portador do gene que determina a doença autoimune.
c) apresenta 50% de chance de ser portador do gene FOXP3.
d) tem o mesmo genótipo que sua irmã.
e) não é portador do gene FOXP3.

RESOLUÇÃO

Se o gene está no cromossomo X, então a Ipex é uma herança ligada ao sexo. O enunciado diz que mulheres portadoras de uma cópia alterada do gene FOXP3 são saudáveis. Se são necessárias duas cópias para que a doença se desenvolva, então o gene causador da Ipex é recessivo. Vamos chamar o gene FOXP3 normal de X^F. E o gene alterado, de X^f. Dizemos, então, que só desenvolvem a doença mulheres $X^f X^f$. As que são $X^F X^F$ ou $X^F X^f$ são saudáveis.

Os homens carregam apenas um cromossomo X. Então, aqueles que herdam o gene dominante X^F são saudáveis ($X^F Y$). Já aqueles que recebem o gene recessivo X^f ficarão com o genótipo $X^f Y$ e desenvolverão a doença. Analisando a genealogia:



O indivíduo assinalado pela seta é uma mulher, filha do casal $X^F Y$ x $X^F X^f$. Fazendo o cruzamento, temos

	X^F	Y
X^F	$X^F X^F$	$X^F Y$
X^f	$X^F X^f$	$X^f Y$

Os possíveis genótipos da mulher assinalada pela seta são: $X^F X^F$ e $X^F X^f$, o que representa 50% de chance de ser portadora do gene FOXP3.

Resposta: C

RESUMO

Genética

LEIS DE MENDEL Pela primeira lei, da **Segregação**, cada característica é definida por um par de "fatores", cada um deles recebido de um gameta. A segunda lei, da **Segregação Independente**, diz que os fatores que determinam as características se separam e se combinam ao acaso, na formação de um gameta.

DOMINANTES E RECESSIVOS Um gene **dominante** manifesta um fenótipo, seja qual for seu alelo. Um gene **recessivo** só se manifesta como fenótipo se tiver um alelo também recessivo. **Alelos** são o par de genes localizados na mesma região de cromossomos homólogos, que determinam uma mesma característica. A **codominância** ocorre quando os genes alelos são igualmente dominantes e, portanto, podem se combinar num terceiro fenótipo.

SISTEMA ABO (TIPAGEM SANGUÍNEA)

Tipo	A	B	AB	O
Aglutinogênio (antígeno)	A	B	A e B	Nenhum
Aglutinina (anticorpo)	Anti-B	Anti-A	Nenhum	Anti-A e anti-B
Doador e receptor	Recebe A e O	Recebe B e O	Receptor universal	Doador universal
Genótipo	$I^A I^A$ ou $I^A i$	$I^B I^B$ ou $I^B i$	$I^A I^B$	ii

FATOR RH Pessoas Rh–, que não têm o antígeno Rh, podem desenvolver os anticorpos anti-Rh se entrarem em contato com sangue Rh+. Os genótipos para Rh+ são **RR** ou **Rr**. Para Rh–, **rr**.

HERANÇA PELOS CROMOSSOMOS SEXUAIS Pode ser **herança restrita ao sexo**, transmitida apenas pelo cromossomo Y (do pai) para filhos do sexo masculino. Ou **herança ligada ao sexo**, transmitida por genes da região do cromossomo X (do pai ou da mãe) que não tem correspondente no cromossomo Y (região não homóloga). Essa herança é transmitida a filhos de qualquer sexo, mas a probabilidade de afetar os homens é bem maior.

BIOTECNOLOGIA **Clonagem** é o processo de reprodução assexuada que gera indivíduos de genoma idêntico ao do pai. **Transgênicos** são organismos que têm seu material genético modificado. **Células-tronco** são aquelas não especializadas. As embrionárias são pluripotentes, podem se desenvolver em qualquer tipo de tecido ou órgão. As células-tronco do cordão umbilical têm um potencial menor. E as células de tecidos adultos podem se desenvolver em poucos tipos de células especializadas.

3

EVOLUÇÃO

CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO

- *História da vida* 52
- *Origem da vida* 54
- *Lamarck e Darwin* 56
- *Neodarwinismo* 59
- *Como cai na prova + Resumo* 62

O gorila e a história da evolução do homem

Pesquisas recentes mostram que as diferenças genéticas entre nós e eles é de menos de 2%. Mas isso pode explicar por que o homem é um animal mais complexo e sofisticado

O primeiro sequenciamento genético de um gorila, em 2012, mostrou que esse grande primata e o homem têm genomas muito parecidos, o que lhes confere as semelhanças óbvias na anatomia e em muitos comportamentos. Mas a tecnologia disponível há quatro anos para identificação de sequências de genes passou batido por mais de 400 mil trechos da macromolécula DNA, deixando imensa quantidade de informação genética para trás. Agora, em 2016, uma equipe de pesquisadores da Universidade de Washington publicou uma nova versão do genoma dos gorilas, que fecha essas lacunas. O que eles encontraram nesses meandros da fita de DNA indica que o parentesco homem-gorila é bem mais próximo do que se acreditava. A diferença genética entre eles e nós não passa de 1,6%.

Os pesquisadores de Washington usaram uma técnica de sequenciamento mais acurada do que a anterior para identificar os genes do gorila fêmea Susie, do Zoológico em Columbus, estado de Ohio. E, com isso, preencheram a maior parte das lacunas deixadas pelo estudo de 2012. Genes alterados encontrados nessas regiões inexploradas explicariam por que humanos e gorilas divergem tanto em algumas características, como o sistema imunológico e a estrutura da pele. Os autores do trabalho acreditam que, comparando os dois genomas, será mais fácil localizar os genes que deram a grande capacidade cognitiva e a linguagem complexa aos humanos. Mais do que isso, a nova tecnologia promete abrir novas pistas para a compreensão da evolução dos gorilas e seu processo de especiação, que fez com que esse gênero de animais se dividisse nas três espécies distintas existentes hoje no continente africano. E, ainda, lançar luz sobre a evolução dos grandes primatas até o *Homo sapiens*.

Por maiores que sejam as semelhanças, o homem não descende nem dos gorilas nem de nenhum outro primata existente hoje. Somos apenas um dos galhos de um mesmo ramo da árvore filogenética dos grandes primatas, que inclui chimpanzés, bonobos, gibões e orangotangos. Todos surgiram de um ancestral comum, mas foram ao longo do tempo se separando em gêneros e espécies distintas.

Essa separação é parte da teoria da seleção natural, de Charles Darwin, o tema deste capítulo.

MÃE É TUDO IGUAL
Os genes confirmam o que as semelhanças de comportamento já indicavam: gorilas e homens têm parentesco muito próximo

iSTOCK

O povoamento da Terra

No início, o planeta não passava de uma esfera inóspita, de temperatura infernal e atmosfera pobre em oxigênio e gás carbônico. Aos poucos, moléculas orgânicas se organizaram em cadeias de aminoácidos, que se combinaram nos primeiros organismos.
Nos bilhões de anos seguintes, a evolução foi marcada por uma série de eventos que culminaram na biodiversidade existente hoje

Há 4,6 bilhões de anos

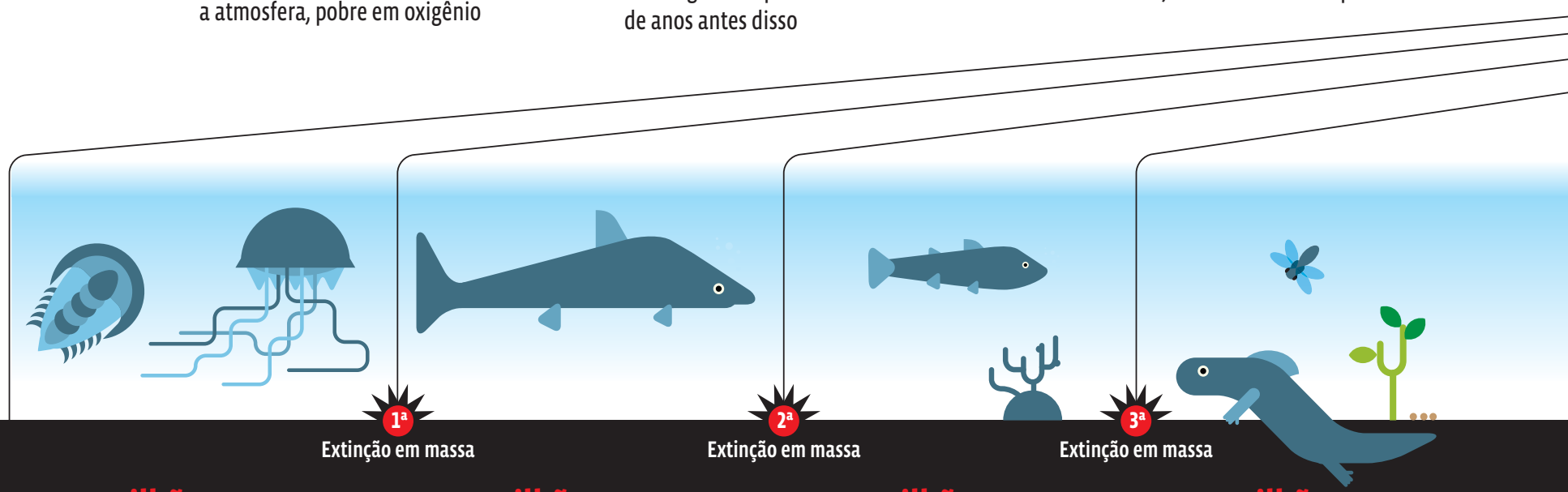
A Terra surgiu com o sistema solar. Por centenas de milhões de anos ficou sob intenso bombardeio de meteoros. O oceano era escaldante e a atmosfera, pobre em oxigênio

Há 3,7 bilhões de anos

Esta é a estimativa tradicional do surgimento dos primeiros seres vivos do planeta. Esses seres primordiais eram formados de uma **única célula procariótica**, que não tem núcleo isolando o material genético. Esse tipo de microrganismo tem metabolismo muito simples: para obter energia, absorve moléculas orgânicas e as degrada por fermentação. Descobertas recentes mostram que a Terra já oferecia condições de abrigar vida pelo menos 600 milhões de anos antes disso

Há 3 bilhões de anos

As **cianobactérias** começam a fazer a fotossíntese. Por esse processo, elas absorvem o dióxido de carbono liberado pelas bactérias fermentadoras e liberam oxigênio. Lentamente, a atmosfera vai se enriquecendo de oxigênio. Surgem os primeiros organismos a fazer respiração aeróbica, que rende mais energia que a fermentação.A camada de ozônio, que filtra a radiação ultravioleta do Sol, se formará bem mais tarde – 2,6 bilhões de anos depois



Há 550 milhões de anos

A explosão do Cambriano povoa os oceanos com uma imensa variedade de formas de vida, cada vez mais complexas. Surgem os **primeiros filos** e são definidas as **primeiras espécies**

Há 500 milhões de anos

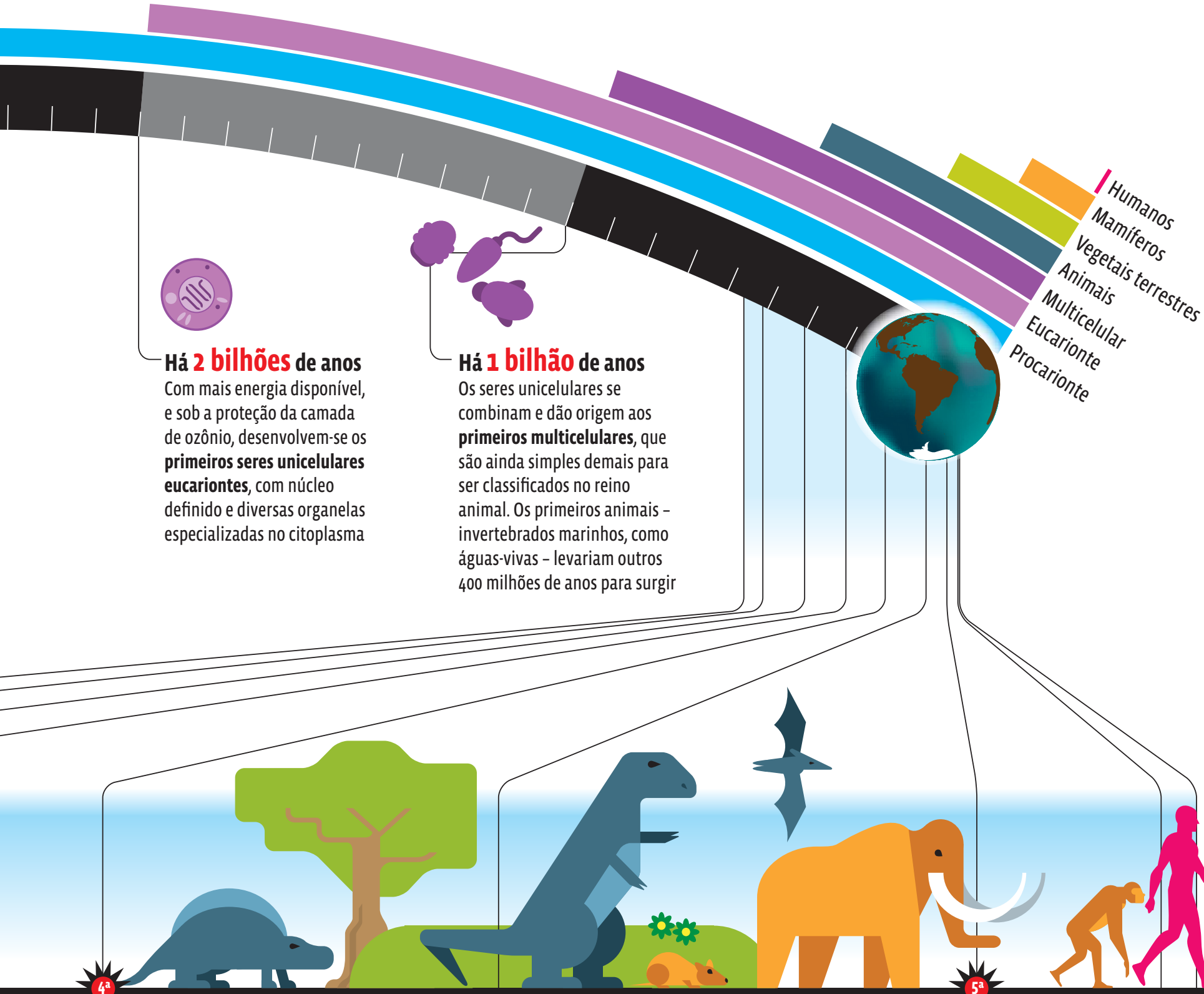
A fauna marinha inclui os **primeiros vertebrados** do planeta – peixes parecidos com os atuais tubarões. Mas, 50 milhões de anos depois, essa fauna é dizimada na **primeira extinção em massa**, que elimina quase 60% dos gêneros existentes à época

Há 400 milhões de anos

Protegidos pela recém-formada camada de ozônio, alguns animais marinhos deixam a água e se tornam os **primeiros animais terrestres**. Há 370 milhões de anos ocorre **uma segunda extinção em massa**, que elimina 97% das espécies num período de 20 milhões de anos.

Há 300 milhões de anos

Surgem os **anfíbios**. A terra é colonizada por insetos e plantas que dão sementes.
Há 250 milhões de anos, ocorre a **terceira extinção em massa**. Das espécies que sobrevivem ao cataclisma surgem os répteis



Há 2 bilhões de anos
Com mais energia disponível, e sob a proteção da camada de ozônio, desenvolvem-se os **primeiros seres unicelulares eucariontes**, com núcleo definido e diversas organelas especializadas no citoplasma

Há 1 bilhão de anos
Os seres unicelulares se combinam e dão origem aos **primeiros multicelulares**, que são ainda simples demais para ser classificados no reino animal. Os primeiros animais – invertebrados marinhos, como águas-vivas – levariam outros 400 milhões de anos para surgir

Há 230 milhões de anos
Uma quarta **extinção em massa** elimina 96% das espécies marinhas. **Os répteis** sobreviventes evoluem em dinossauros, que dominam o mundo pelos 150 milhões de anos seguintes. Surgem os **mamíferos**

Há 150 milhões de anos
Surgem as **aves e os vegetais que dão flores**. Os dinossauros ainda reinam em todos os continentes. Mas os pequenos mamíferos continuam firmes

Se a Terra tivesse surgido há
uma semana
o *Homo sapiens* teria aparecido há
13 segundos

De 65 milhões de anos atrás até hoje
Os dinossauros são extintos na quinta extinção em massa. Tem início a era dos **mamíferos**. O **gênero Homo** só surgiria 62 milhões de anos depois. E o homem moderno, apenas entre 200 mil e 100 mil anos atrás

[1] MÁRIO KANNO/MULTISP

[1]

INFERNO NA TERRA No início, o planeta tinha a superfície coberta por lagos sulfurosos, de alta temperatura, como estes, do Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos

Os possíveis caminhos da vida

Teria a Terra sido colonizada por extraterrestres? A ideia pode parecer fantasiosa, mas não é sem fundamento. A teoria da **exogênese** afirma que os primeiros compostos orgânicos teriam chegado aqui por acidente, embarcados em cometas ou meteoritos. Alguns, encontrados no século XX, contêm uracila, uma das bases do RNA, fundamental para a vida na Terra. Entre os defensores dessa teoria está Francis Crick, um dos descobridores da estrutura da molécula de DNA.

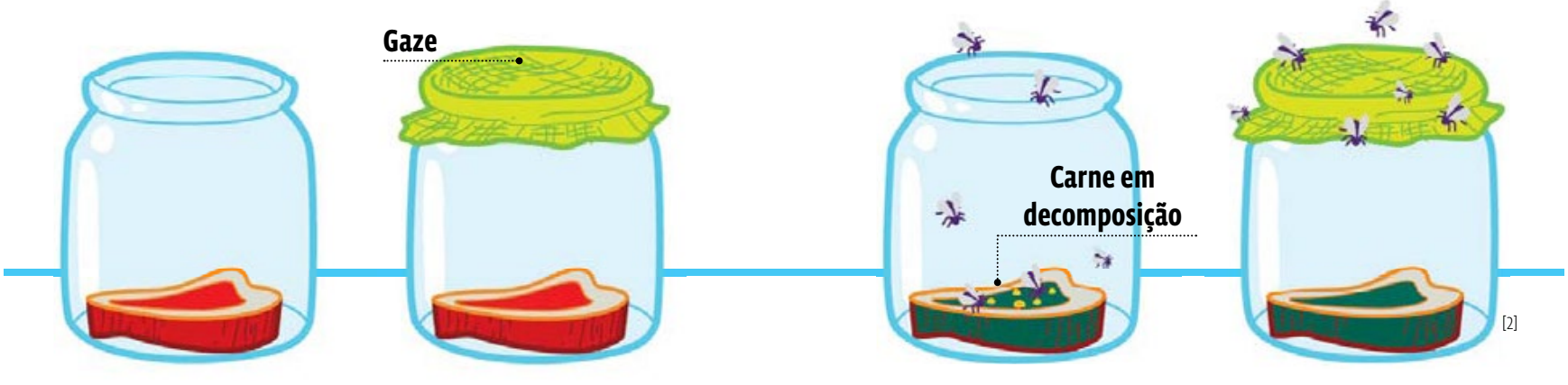
Mas as especulações sobre as origens da vida na Terra são muito mais antigas que a teoria da exogênese. Há milênios, pensadores e cientistas desenvolvem hipóteses e teorias, sempre de acordo com o conhecimento científico e com as ideias vigentes em sua época.

Abiogênese e biogênese

No século IV a.C., Aristóteles falava na "pneuma" – um tipo de matéria divina, um sopro vital. Entre os animais superiores, o sopro vital passaria para os descendentes por meio da reprodução, mas animais mais simples, como insetos, enguias e ostras, apareciam de forma espontânea. Não precisavam da "semente" de outro ser vivo. Essa concepção é

A VIDA VEM DA VIDA

O experimento que mostrou, no século XVII, que os organismos nascem de outros organismos



[2]

➔ O italiano Francesco Redi preparou diversos frascos com pedaços de carne. Alguns permaneceram abertos e outros, fechados por uma gaze

➔ Depois de algum tempo, a carne dos frascos abertos foi recoberta de moscas. Nos fechados, os insetos não apareceram porque as moscas não conseguiram depositar ovos. Redi concluiu: o pedaço de carne (ser inanimado) não gera, sozinho, seres vivos

conhecida como **geração espontânea**, ou **abiogênese**, e, segundo ela, a vida poderia surgir espontaneamente da matéria inanimada, desde que houvesse ar. As moscas, por exemplo, nasceriam da carne em decomposição.

A hipótese da geração espontânea foi refutada no século XVII por Francesco Redi (1626-1697). Ele colocou pedaços de carne em diversos potes de vidro, deixando alguns abertos e outros cobertos por gaze. As larvas das moscas surgiram apenas nos frascos abertos, porque, é claro, sem a gaze, as moscas puderam depositar ovos sobre a carne. Generalizando suas observações, Redi afirmou que um ser vivo sempre vem de outro ser vivo, tese chamada **biogênese**.

Posteriormente, a biogênese foi confirmada pelos experimentos do francês Louis Pasteur (1822-1895). Porém, ele não soube explicar a primeira vida. Segundo o pensamento vigente àquela época, o ser vivo primordial só poderia ter vindo da matéria inorgânica, ou seja, a geração espontânea seria válida para a primeira vida. Daí para diante, só a reprodução.

Na primeira metade do século passado, imaginava-se que as primeiras formas de vida eram autótrofas, ou seja, capazes de produzir o próprio alimento (moléculas orgânicas), como fazem os seres fotossintetizantes (*veja o capítulo 5*). Mas essa **teoria autotrófica** está desacreditada: organismos que fabricam a própria comida são muito complexos, e parece implausível que eles tenham sido os primeiros organismos do planeta.

Sopa primordial

Na década de 1920, os cientistas Aleksandr Oparin (1894-1980) e John Haldane (1892-1964) apresentaram uma ideia nova: a vida teria seguido uma evolução como a proposta por Charles Darwin, lenta e gradual, partindo do mais simples para o mais complexo. A proposta Oparin-Haldane é que aminoácidos – os compostos básicos da vida – e outras moléculas orgânicas teriam surgido na atmosfera da Terra primitiva, rica em vapor de água, amônia (NH_3), metano (CH_4) e hidrogênio (H_2), bombardeada pela radiação solar ultravioleta (UV) do Sol e por descargas elétricas. Ou seja, a abiogênese teria ocorrido uma vez apenas na história do planeta, no início de tudo.

A hipótese foi testada nos anos 50 por Stanley Miller (1930-2007), que bombardeou uma "sopa primordial" de água, amônia, metano e hidrogênio com raios UV e descargas de eletricidade. A ideia foi confirmada e ganhou formato de teoria *(veja ao lado)*.

Surge o oxigênio

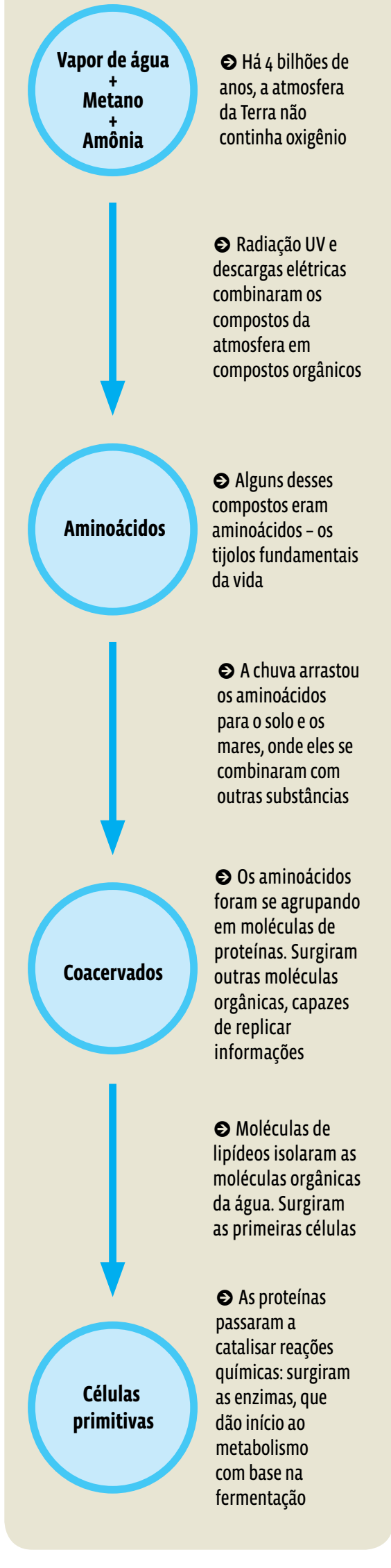
Os primeiros seres vivos habitavam um ambiente aquático, rico em substâncias nutritivas, numa atmosfera e num oceano ainda sem oxigênio nem gás carbônico. Sem o CO_2 é impossível fazer a fotossíntese, e, sem O_2, é impossível fazer respiração aeróbica. Assim, a energia tinha de ser obtida por meio da fermentação. Um dos tipos mais comuns de fermentação é a alcoólica, que produz álcool etílico e CO_2 e gera energia, que poderia ser aproveitada pelas células, para seu metabolismo. Esta é a **teoria heterotrófica**.

Os organismos primitivos começaram a aumentar em número, e as condições climáticas da Terra foram se alterando: não chovia mais nutrientes. A população de indivíduos nos mares passou a competir pelo estoque limitado de alimento. Ao mesmo tempo, acumulou se CO_2 no ambiente. Deram-se bem os organismos que desenvolveram a capacidade de captar luz solar com o auxílio de pigmentos, como a clorofila, e sintetizar os próprios alimentos orgânicos, a partir de água e gás carbônico – os primeiros seres autótrofos. Porque não competiam com os heterótrofos, esses organismos se multiplicaram muito.

Foram os primeiros seres fotossintetizantes que modificaram a composição da atmosfera da Terra, introduzindo o oxigênio. Com esse gás, desenvolveram-se organismos que faziam reações metabólicas complexas – os primeiros **seres aeróbios**, aqueles que passaram a obter energia do oxigênio. Por meio da respiração, o alimento, especialmente o açúcar glicose, é degradado em gás carbônico e água, liberando muito mais energia para a realização das funções vitais do que na fermentação.

A fermentação, a fotossíntese e a respiração ocorrem até hoje nos organismos da Terra. Todos os organismos respiram e/ou fermentam, e alguns respiram e fazem fotossíntese (*veja no capítulo 5*).

SOPA PRIMORDIAL



[1] iSTOCK [2] ESTÚDIO PINGADO

[1]

BEM ANTENADAS Para Lamarck, os caracóis desenvolveram as antenas porque, no esforço de perceber o mundo a sua volta, concentraram fluidos nervosos na cabeça

Como os seres vivos evoluem?

As **teorias fixistas,** que consideram o mundo natural como criação divina, imutável e permanente, são chamadas teorias criacionistas. ►

A palavra **evolução**, em biologia, não tem nada a ver com progresso ou aperfeiçoamento. Significa, apenas, transformação. ►

Teriam os seres vivos surgido com a complexidade que apresentam hoje, ou teriam eles se transformado no decorrer do tempo? Durante milênios, filósofos e naturalistas debateram esse tema. Alguns filósofos gregos achavam que os organismos se modificavam. No século V a.C., Anaximandro já dizia que todos os bichos se desenvolveram na água e foram para a terra um dia. Mas Aristóteles e Platão acreditavam na imutabilidade das formas de vida. A ideia de que todos os animais e todas as plantas haviam surgido já prontos predominou durante a Idade Média. Àquela época, a filosofia cristã afirmava que Deus criara todos os seres vivos, assim como eles eram, para povoar o Jardim do Éden.

As teorias **fixistas** predominaram até que, no século XVIII, a grande quantidade encontrada de fósseis mostrou que os animais antigos eram muito diferentes dos modernos. As primeiras ideias **transformistas** continuaram como meras especulações filosóficas. Até que, no início do século XIX, o naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck (*veja o quadro na pág. ao lado*) propôs formalmente uma teoria da **evolução**. E, anos mais tarde, o inglês Charles Darwin apresentou a teoria em que se baseia toda a biologia atual.

Lamarckismo

A teoria que Lamarck publicou em 1809 é baseada em dois postulados, que serviram de base para o trabalho de Charles Darwin, anos mais tarde. São eles:

- Lei do **uso e desuso**: um órgão se desenvolve se é muito usado e se atrofia e acaba desaparecendo se pouco utilizado;
- **Herança dos caracteres adquiridos:** as características desenvolvidas por um ser vivo no decorrer de sua existência são transmitidas a seus descendentes.

Lamarck não estava completamente errado nas duas ideias. De fato, um indivíduo pode enfraquecer e seus músculos atrofiar se não fizer exercícios, e os sedentários sabem disso. Seu erro foi supor que essas eram leis que explicavam a transformação de todos os organismos, desde os primórdios da vida na Terra, e que sua ação era imediata, de uma geração a outra. Ele não reconheceu a pressão que o meio ambiente exerce sobre as espécies, ao facilitar ou dificultar a vida de quem tem esta ou aquela característica.

Para Lamarck, do mesmo modo como um ovo se desenvolve em embrião, depois em feto e, por fim, em organismo pronto, as espécies também se desenvolveram, por gerações a fio, de uma es-

trutura mais simples para outras mais complexas. E os agentes dessas mudanças seriam os hábitos e as circunstâncias da vida desse organismo.

Assim, os primeiros gastrópodes (como os caracóis) teriam surgido sem tentáculos. Mas a necessidade de perceber os objetos à sua volta teria levado esses animais a "concentrar fluidos nervosos" na região anterior do corpo. Esses fluidos estimulariam a formação de novas estruturas, tecidos e órgãos, que seriam transmitidos às gerações posteriores.

Lamarck acreditava, também, que o meio ambiente induzia a essas modificações. E aqui vem o velho exemplo da girafa: os primeiros exemplares desse animal teriam nascido com pescoço curto. Essa parte do corpo só foi se esticando porque ela precisava alcançar as folhas do alto das árvores. E cada indivíduo que tinha o pescoço mais comprido porque o tinha esticado muito durante a vida gerava todos os filhotes também com o pescoço comprido (*veja abaixo*).

Darwinismo

No mesmo ano em que Lamarck publicou suas ideias, nascia o inglês Charles Darwin. Filho de um médico bem-sucedido, vivia numa casa de campo, no interior da Inglaterra, e desenvolveu grande habilidade em observar organismos da natureza – particularmente minhocas. Tentou a medicina e não deu certo. Com muito custo, formou-se em teologia, para se tornar um clérigo. Mas foi uma viagem de cinco anos que definiu o futuro do jovem. Em 1831, Darwin embarcou no Beagle, um navio enviado pela Coroa britânica para atualizar os mapas das costas da América do Sul, África e Austrália. A função do jovem: observar e coletar amostras de seres vivos desses lugares.

Darwin estava bem a par de algumas das modernas teorias de sua época. Conhecia as ideias do geólogo Charles Lyell (1797-1875), segundo as quais o planeta era constante e lentamente remodelado por forças poderosas, como vulcões e terremotos. Conhecia, também, as observações feitas pelo naturalista alemão Alexander von Humboldt, que viajara pela América Latina. Por fim, Darwin sabia dos estudos em demografia de **Thomas Malthus** (1766-1834), segundo os quais o meio ambiente oferecia poucos recursos de sobrevivência em relação à quantidade de seres vivos que nasciam. Foi com base nessas ideias, mais a imensa quantidade de material coletado durante os cinco anos de navegação, que o jovem expedicionista desenvolveu a teoria da evolução das espécies pela **seleção natural**.

◄ É de Malthus a ideia de que as populações crescem em progressão geométrica (2, 4, 8, 16, 32...), enquanto a produção de alimentos cresce em progressão aritmética (2, 4, 6, 8, 10...).

Luta pela sobrevivência

A teoria de Darwin é explicada em *Sobre a Origem das Espécies*, publicada em 1859. Apesar do título, o naturalista inglês não explica como surgiram as primeiras espécies do planeta, mas como as diferentes espécies se definem.

Darwin baseia-se muito no que ele observou durante a viagem no Beagle, mas parte do conhecimento que ele tinha sobre a criação de animais. Ele observou que, dadas condições ideais, todos os animais em cativeiro sobrevi-

A VISÃO DE LAMARCK E DARWIN

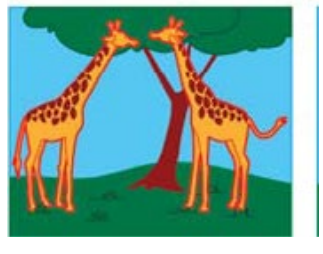
Entenda a diferença entre a lei do uso e desuso e a seleção natural

Para Lamarck

➲ Originalmente, as girafas tinham pescoço curto

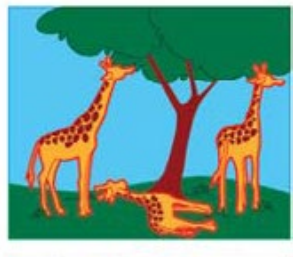
➲ Para alcançar as folhas mais altas, elas foram espichando o pescoço, cada vez mais

➲ A cada geração, as girafas nasciam com o pescoço mais comprido. **A evolução foi ditada por um hábito de vida dos seres vivos, que foi determinado pelo ambiente**

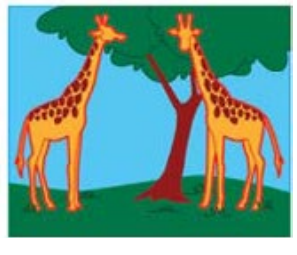


Para Darwin

➲ As girafas não eram todas iguais. Algumas nasciam com pescoço comprido, outras, com ele mais curto. As de pescoço comprido conseguiam se alimentar melhor



➲ Alimentando-se melhor, as de pescoço comprido sobreviviam até a idade de reprodução. E entre seus filhotes alguns também tinham pescoço comprido



➲ A cada geração, crescia o número de girafas de pescoço comprido. **O ambiente apenas favoreceu um dos caminhos possíveis da evolução, selecionando essa característica**

[2]

SAIBA MAIS

JEAN-BAPTISTE LAMARCK (1744-1829)

Antes de se dedicar ao estudo dos seres vivos, Lamarck foi soldado e bancário. Estudou quatro anos de medicina, mas acabou se entregando à sua paixão, a botânica. Foi o primeiro a organizar uma teoria evolucionista coerente. À luz da genética moderna, a herança de caracteres adquiridos não faz sentido: a molécula de DNA não pode ser quimicamente alterada por hábitos de vida. No entanto, sabe-se que a genética é muito mais do que a simples transmissão de genes. Em algumas situações especiais, os genes podem não se alterar, mas se manifestar de maneira diferente, conforme pressões do ambiente ou do comportamento. Lamarck não foi definitivamente descartado.

[1] ISTOCK [2] ESTÚDIO PINGADO

vem. Mas o criador pode selecionar indivíduos com as características que mais lhe interessam para se reproduzir. Foi assim que se criaram as diferentes raças (subespécies) de galinhas, pombos e porcos. Se o homem é capaz de fazer essa seleção artificial, então a natureza deve fazer a própria **seleção natural**.

Em resumo, pelo darwinismo, os seres vivos se desenvolvem com base na:

- **Variação:** os indivíduos não nascem todos iguais, ainda que descendam dos mesmos pais.
- **Adaptação**: as diferenças entre os indivíduos de uma geração interferem nas suas chances de sobrevivência. Quanto mais adaptado ao meio ambiente, maiores são as chances que um ser vivo tem de sobreviver.
- **Seleção natural:** a própria natureza se encarrega de selecionar os indivíduos mais aptos: só vencem os desafios ambientais (escapar de predadores, encontrar alimento, resistir a alterações climáticas) os que nascem mais bem preparados. Os demais são eliminados.
- **Descendência:** ao se reproduzirem, os seres vivos bem adaptados que sobrevivem transmitem às novas gerações suas características favoráveis. Com o tempo, todos os indivíduos da espécie apresentam essas características.
- **Longo prazo:** a seleção natural não ocorre de uma geração para outra, mas ao longo de muitas delas. O próprio meio ambiente pode se alterar (com longos períodos de seca ou de frio, por exemplo), passando a exigir novas adaptações dos organismos para que eles sobrevivam.

Darwin observou que as características dos indivíduos adaptados eram transmitidas a seus descendentes, mas não soube dizer *como* isso ocorre. Gregor Mendel estava ainda desenvolvendo seus experimentos de hereditariedade com ervilhas, que só seriam publicados em 1865 e efetivamente conhecidos no início do século XX.

[1]

ISOLADOS E ÚNICOS

O isolamento geográfico levou ao aparecimento de espécies exclusivas nas ilhas do Arquipélago de Galápagos, como esta iguana terrestre

Os tentilhões

Uma das etapas mais produtivas da viagem de Charles Darwin – ao menos para a teoria evolucionista – foi a passagem pelo Arquipélago de Galápagos, no meio do Oceano Pacífico. Ali, o naturalista inglês observou um fato inicialmente sem explicação: todas as ilhas do arquipélago eram habitadas por pássaros chamados tentilhões (uma ave do grupo dos tiés). Mas tentilhões de ilhas diferentes tinham bicos e hábitos de vida diferentes e viviam em hábitats distintos. Alguns tinham bico rombudo e muito forte. Outros, bico fino e pontudo. O que teria originado essa diversidade?

Darwin deduziu que:

- Todas as espécies de tentilhões do arquipélago eram descendentes de uma única espécie, provavelmente vinda do continente americano.
- O isolamento geográfico do arquipélago forçou os pássaros migrantes a cruzar só entre si. Assim, eles transmitiram a seus descendentes características próprias.
- O isolamento em diferentes ilhas também agiu como força evolutiva: no decorrer de gerações, a seleção natural favoreceu os pássaros que tinham o bico mais adequado ao alimento disponível no ecossistema de cada ilha.
- Assim, em algumas ilhas, sobreviviam melhor os pássaros com bicos fortes, capazes de quebrar nozes. Em outras, aqueles de bicos menores, mais adaptados a comer frutas e pequenos insetos (*veja abaixo*).

No decorrer de milhões de anos, os tentilhões foram se diferenciando, até que se separaram completamente em 13 espécies distintas. É o que se chama processo de **especiação.** Hoje se sabe que a especiação pode seguir diversos caminhos (*veja a Aula 4 deste capítulo*).

UMA HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO

Darwin notou que os tentilhões de Galápagos apresentavam diferentes tipos de bico

Geospiza magnirostris
Espécie provavelmente extinta, tinha o bico mais robusto de todos e vivia em zonas semiáridas das ilhas, onde o alimento mais abundante eram sementes duras

Geospiza fortis
Natural de florestas tropicais do Arquipélago de Galápagos, este tentilhão usa o bico para quebrar sementes pequenas e macias

[2]

Certidhea olivacea
Vive nas florestas do arquipélago e tem o bico fino e comprido, ideal para catar pequenos insetos

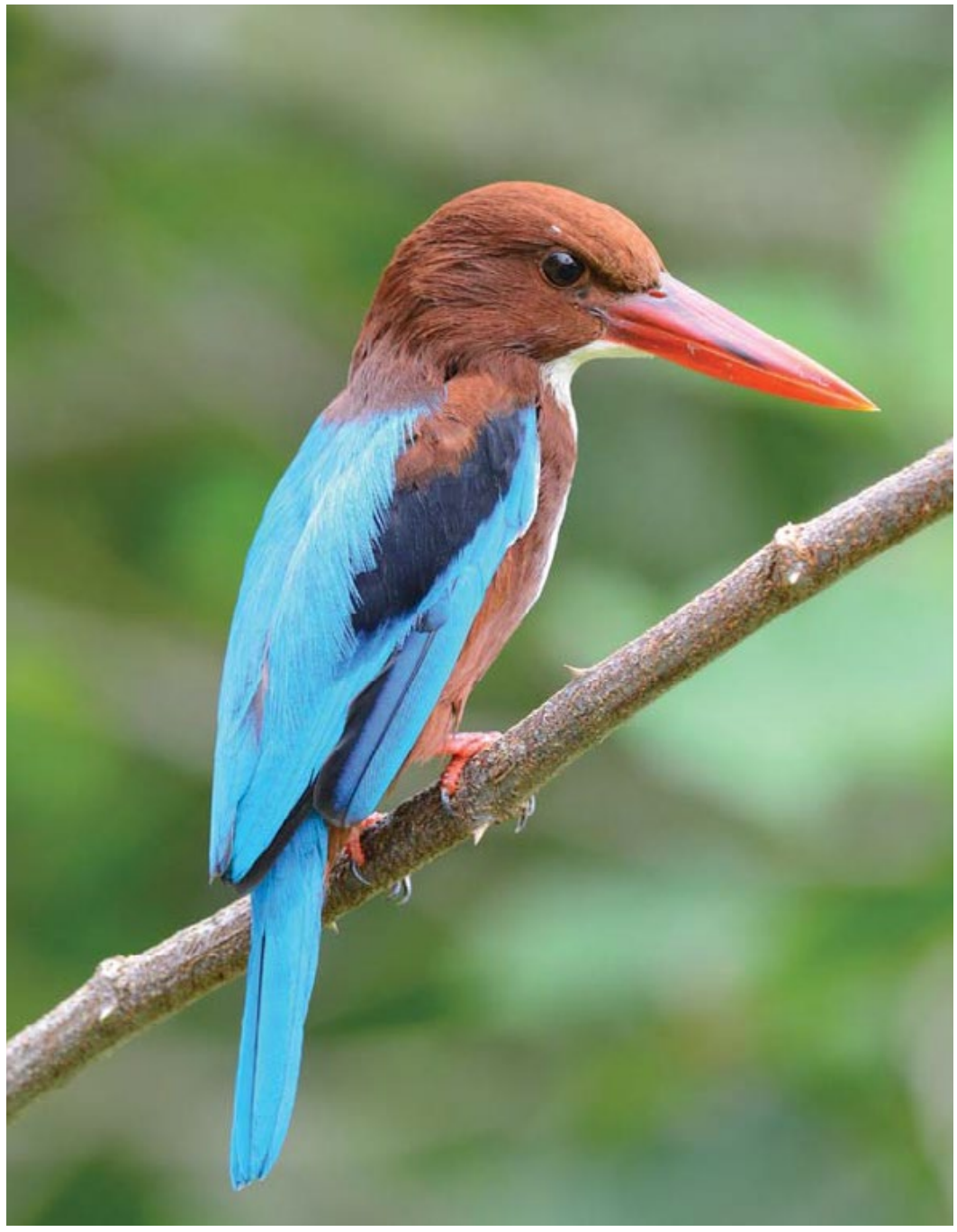
A evolução de uma ideia

A teoria da seleção natural – principalmente sua aplicação à evolução humana – causou furor na sociedade inglesa vitoriana. A ideia de que todos os seres vivos teriam surgido de um único ancestral comum, nos primórdios da história da Terra, desencadeou uma série de debates e rendeu críticas, sátiras e charges nos jornais. Foi um escândalo numa sociedade imperialista, de rígida divisão em classes sociais, que valorizava a superioridade europeia sobre os povos colonizados e os preceitos religiosos, fixistas, por princípio.

Entre 1882 (data de morte de Darwin) e 1930, a teoria da seleção natural passou por maus momentos entre os biólogos. O naturalista inglês não apresentara nenhuma explicação para o modo como as características de um organismo eram transmitidas para as gerações seguintes. Nem ele – nem ninguém à sua época – tinha tomado conhecimento do trabalho de Gregor Mendel. Até que, em 1942, conhecedor das ervilhas mendelianas, o biólogo também inglês Julian Huxley (1887-1975) incorporou à teoria darwiniana o papel dos genes. Nasceu, assim, o **neodarwinismo**, ou **teoria sintética**. Hoje, a teoria de Darwin há muito não é encarada como especulação. É um sistema ordenado de ideias, que passaram por diversos testes e confrontações com a realidade (como o estudo de fósseis), e tudo indica que ela se confirma.

Genes e mutações

O neodarwinismo traz duas alterações importantes. A primeira é que a herança de um indivíduo não vem do sangue, como acreditava Darwin, mas do que o monge austríaco Gregor Mendel chamou de *fatores*, transmitidos pelos pais – o que hoje sabemos que são os genes. E, segunda, a evolução das espécies não depende somente da seleção natural, mas é influenciada, também, por alterações na estrutura bioquímica dos genes, ou seja, mudanças na sequência de bases nitrogenadas. Essas alterações podem ocorrer por problemas na duplicação do DNA ou serem induzidas por forças externas (ambientais), como raios ultravioleta, radioatividade ou contaminação por substâncias químicas.



[3]

PASSADO EM COMUM Semelhanças morfológicas indicam: as aves descendem de dinossauros

As **mutações genéticas** são fenômenos aleatórios, que ocorrem sem que haja nenhuma orientação do meio ambiente. O fato de um organismo viver na Antártica não aumenta a probabilidade de que seus genes sofram uma mutação que aumente a defesa contra o frio. Mas se essa mutação ocorrer, o organismo terá uma vantagem sobre os demais indivíduos de sua população. Aí começa a girar a roda da seleção natural: o organismo bem-dotado sobrevive, reproduz-se e tem chance de transmitir para alguns de seus descendentes o gene contra o frio. Estes também sobreviverão, se reproduzirão e transmitirão o gene abençoado à prole. Assim, aos poucos, vão se alterando as características daquela população.

Em organismos complexos, de reprodução sexuada, a chance de uma mutação trazer uma característica positiva para determinado ambiente é muito pequena. Nesses organismos, as principais causas de variabilidade estão na própria fecundação, que implica a combinação

SAIBA MAIS

O HOMEM E O MACACO

O homem não descende do macaco. Charles Darwin afirmou que macacos e humanos são ramos evolutivos que têm na base um mesmo ancestral comum. Hoje, recebemos essa ideia com naturalidade: pertencemos todos ao grupo dos primatas. Mas, no fim do século XIX, essa visão abalou terrivelmente a tradicional visão religiosa e antropocêntrica, que punha o homem no centro do Universo.

[1] [3] ISTOCK [2] DARWIN/REPRODUÇÃO

[1]

[2]

CADA UM USA COMO PODE

Morcegos têm asas e, chimpanzés, patas. Mas ambos são mamíferos, e as asas e as patas têm a mesma origem, num ancestral comum aos dois. É a irradiação adaptativa que "deformou" as extremidades dos dedos do morcego e os transformou em asas

Lembrando: a **permutação**, ou crossing-over, é a recombinação das cromátides dos cromossomos homólogos pareados, que faz um rearranjo dos genes. ►

do DNA do pai e da mãe. O indivíduo pode apresentar alterações, ainda, resultantes da meiose, a divisão celular para a formação dos gametas. A **permutação**, que ocorre no início da meiose, faz com que os espermatozoides (ou os óvulos) de um mesmo indivíduo carreguem grupos diferentes de genes. Por fim, a lei da segregação independente, de Mendel, permite que ocorram todas as combinações possíveis de cromossomos nos gametas. Isso também contribui para a variabilidade genética numa geração (*veja o capítulo 1*)

Isolamento

Existem diversas maneiras de definir uma **espécie.** A mais usual é aquela que estabelece como da mesma espécie um grupo de animais que cruza e resulta em descendentes férteis. ►

A maneira como se explica o surgimento de uma nova espécie – processo chamado **especiação** – também sofreu reformas no neodarwinismo. Darwin compreendeu que o **isolamento geográfico** era um dos grandes fatores que contava na especiação. Grupos de animais de mesma espécie separados por uma barreira geográfica, como um oceano ou uma grande cadeia de montanhas, são impedidos de cruzar e, assim, combinar suas características. Os animais que migram para o outro lado da barreira encontram um ambiente diferente – mais quente, menos úmido ou com outro tipo de predador – terão características "aprovadas" pela seleção natural, diferentes daquelas selecionadas nos animais que ficaram do lado de lá. Essas vantagens serão, na maioria das vezes, diferentes das características do grupo original. Após certo tempo de isolamento geográfico, se os descendentes dos grupos originais voltarem a se encontrar, pode não haver mais a possibilidade de reprodução entre eles. Nesse caso, dizemos que temos duas espécies. A especiação que ocorre por isolamento geográfico é chamada **especiação alopátrica**.

Hoje se sabe que, somado ao isolamento, a ocorrência de mutações casuais do material genético também leva ao aumento da variabilidade e permite a continuidade da atuação da seleção natural. Com as mutações genéticas, as espécies divergem mais rapidamente do que seria de esperar contando apenas com o isolamento geográfico.

Seja como for, o processo de especiação costuma colocar duas espécies em outro tipo de isolamento – o **isolamento reprodutivo**. Esse isolamento pode ocorrer por meio de mecanismos pré-zigóticos, ou seja, mecanismos que inviabilizam a cópula entre dois animais, como diferenças no comportamento reprodutor ou incompatibilidade na estrutura e tamanho dos órgãos reprodutores. Pode, também, ocorrer por mecanismos pós-zigóticos. Neste caso, a cópula ocorre, mas não gera descendentes ou gera descendentes estéreis.

Nem sempre, porém, grupos que se separam acabam entrando em isolamento reprodutivo, ou seja, nem sempre o isolamento geográfico resulta no surgimento de uma nova espécie. Tudo depende do tempo. Se as barreiras geográficas forem vencidas cedo demais, é possível que os componentes dos dois grupos tenham acumulado algumas variações, mas não o suficiente para impedir seu cruzamento e sua reprodução. Isto é, os dois grupos ainda pertencerão à mesma espécie. Essas variedades que não chegaram a transformar-se em novas espécies podem ser chamadas de **raças geográficas**. Uma mesma espécie pode ser formada por diversas raças geográficas, intercruzantes entre si, mas que apresentam características morfológicas distintas. As diferentes raças de cães são exemplos dessa condição.

Irradiação adaptativa

Há muitos indícios de que a evolução dos grandes grupos de seres vivos teve como ponto de partida um grupo ancestral, que deu origem a espécies diferentes, mas aparentadas. A partir de uma espécie primordial, pequenos grupos iniciaram a conquista de novos ambientes, sofrendo adaptações que lhes possibilitaram a sobrevivência nesses meios. Esse fenômeno evolutivo é conhecido como **irradiação adaptativa**. Para que a irradiação possa ocorrer, é necessário em primeiro lugar que os organismos já carreguem,

INTIMIDAÇÃO NATURAL
Para um predador, os círculos escuros nas asas desta borboleta podem parecer olhos de um animal grande. Com isso, o inseto se protege de um eventual ataque. Formatos, padrões e cores que disfarçam ou enganam constituem o mimetismo

em seu equipamento genético, as condições necessárias para a ocupação de um novo ambiente, que selecionará características presentes nos indivíduos mais adaptadas às novas condições.

Um dos melhores exemplos de irradiação adaptativa é o que ocorreu com os tentilhões de Galápagos estudados por Darwin. Originários do continente sul-americano, os tentilhões se irradiaram para diversas ilhas do arquipélago, cada grupo adaptando-se às condições peculiares de cada ambiente e, consequentemente, originando as diferentes espécies hoje lá existentes (*veja a Aula 2 deste capítulo*).

Nos processos de irradiação adaptativa ocorrem casos de **homologia,** ou seja, **semelhança de origem** entre órgãos semelhantes, que podem apresentar forma e funções diferentes em indivíduos de espécies distintas com um ancestral comum. Por exemplo, um macaco sul-americano e um cachorro são mamíferos e, como tal, tiveram um ancestral comum, de quem herdaram suas caudas. As caudas são, então, estruturas homólogas, mas não desempenham a mesma função. Já as asas de um beija-flor (ave) e as de um morcego (mamífero) são homólogas por terem a mesma origem e, ainda, desempenharem a mesma função. São, portanto, **estruturas análogas**. Órgãos análogos podem, também, ter origens distintas.

Convergência adaptativa

No sentido inverso da irradiação adaptativa, o processo de especiação pode levar à **convergência adaptativa**. Ocorre quando animais pertencentes a grupos de parentesco distante têm morfologia semelhante, não em razão da herança de um eventual ancestral em comum, mas da adaptação ao meio. Um tubarão e um golfinho, por exemplo, parecem parentes muito próximos, se considerarmos que ambos são animais aquáticos.

Mas os dois animais pertencem a grupos distintos. O tubarão é peixe cartilaginoso, respira por brânquias e tem nadadeiras com membranas carnosas. O golfinho é mamífero, respira por pulmões e suas nadadeiras escondem ossos semelhantes aos dos membros superiores dos mamíferos. A semelhança morfológica existente entre os dois não significa parentesco evolutivo. Foi a vida num mesmo meio – mar – que selecionou, nas duas espécies, a forma corporal ideal ajustada à água.

No processo de convergência adaptativa ocorrem casos de **analogia pura**, não acompanhados de homologia, que não envolvem parentesco entre os animais. Assim, as nadadeiras anteriores de um tubarão (peixe) são análogas às de um golfinho (mamífero), mas não são homólogas porque ambas são resultantes de uma evolução convergente (de grupos de animais distintos). E as asas de uma borboleta (artrópode) são análogas às asas de um pardal (ave) por desempenharem a mesma função.

Um caso específico de convergência adaptativa é o **mimetismo**, pelo qual um ser vivo assumea aparência de outro, ganhando uma vantagem competitiva. É o mimetismo quefaz com que algumas borboletas tenham nas asas um padrão semelhante a grandes olhos. Ou que algumas plantas tenham um perfume desagradável, que lembra carne pobre, para atrair moscas, que farão a polinização. O mimetismo também ajuda na alimentação. A tartaruga-aligator, por exemplo, tem na língua um apêndice que lembra um verme, que serve de isca a pequenos peixes, que são devorados.

Deriva Genética

A deriva genética ocorre quando a frequência com que um alelo aparece numa população é alterada por um acontecimento aleatório, que **não tem relação com a seleção natural** – ou seja, a deriva ocorre ao acaso. E pode eliminar na população um alelo vantajoso, e manter outro, neutro ou deletério. Se morrerem muitos indivíduos que apresentam determinado alelo, a proporção desse alelo diminuirá na população.

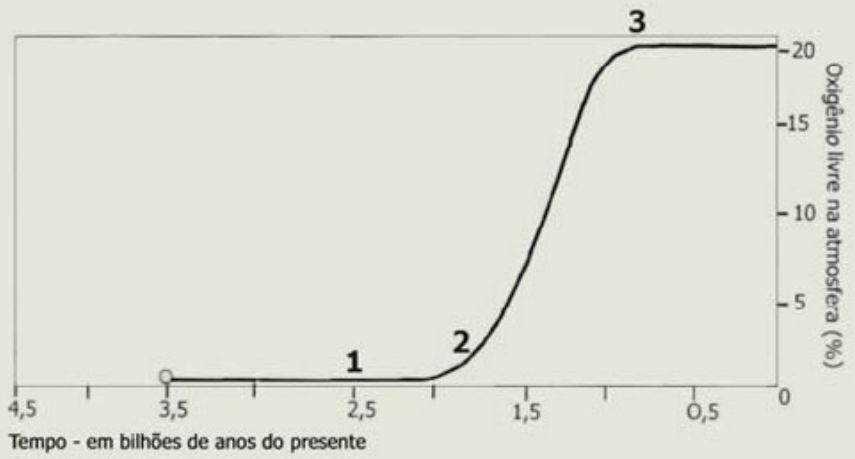
SAIBA MAIS

SELEÇÃO NATURAL EM TEMPO REAL

Às vezes, os cientistas testemunham um episódio rápido de seleção natural. No fim dos anos 1970, um longo período de seca em Galápagos provocou uma mudança adaptativa numa das espécies de tentilhão: os *Geopiza fortis* passaram a nascer com bicos 10% maiores. A explicação: a seca tornou escassa a oferta de sementes pequenas e macias, a dieta tradicional da espécie. As aves de bico maior, capazes de comer sementes maiores e mais rígidas, sobreviveram e se reproduziram, transmitindo à sua prole essa característica.

[1] iSTOCK [2] FERNANDO MORAES [3][4] DIVULGAÇÃO

1. (UFRGS 2016) **O gráfico abaixo apresenta a variação do nível de oxigênio na atmosfera em função do tempo.**



Adaptado de: DOTT, R., PROTHERO, D. Evolution of the Earth. *New York: McGraw-Hill, 1994*

Sobre o gráfico e os eventos nele assinalados, é correto afirmar que

a) três bilhões de anos antes do presente não havia vida devido à escassez de oxigênio.
b) o evento 1 corresponde aos primórdios do surgimento da fotossíntese.
c) a respiração celular tornou-se possível quando os níveis de O_2 na atmosfera atingiram uma concentração próxima à atual.
d) o evento 2 refere-se à formação da camada de ozônio.
e) o evento 3 dá início à utilização da água como matéria-prima para a produção de oxigênio.

RESOLUÇÃO

Analisando as alternativas:

a) *Incorreta*. À época em que a vida surgiu na Terra, há 3,7 bilhões de anos não havia oxigênio livre (O_2) na atmosfera. Mas existem seres que obtêm energia por respiração anaeróbica (fermentação). É o caso dos seres primordiais, organismos unicelulares procariontes.
b) *Correta*. O processo de fotossíntese surgiu com as cianobactérias, que passaram a metabolizar o dióxido de carbono das bactérias fermentadoras e a liberar O_2 na atmofera. Isso favoreceu a evolução de organismos que fazem respiração aeróbica, muito mais eficiente na obtenção de energia do que a fermentação.
c) *Incorreta*. A respiração celular (aeróbica) começou a existir no início da liberação de oxigênio na atmosfera, há cerca de 3 bilhões de anos.
d) *Incorreta*. A camada de ozônio se formou cerca de 400 milhões de anos atrás. O surgimento desse escudo contra a radiação ultravioleta permitiu que algumas formas de vida saíssem da água para a terra.
e) *Incorreta*. A produção de oxigênio a partir da água ocorre no processo de fotossíntese, evento 1 no gráfico. (*Veja fotossíntese no cap. 5.*)

Resposta: B

2. (ENEM 2015) **Algumas raças de cães domésticos não conseguem copular entre si devido à grande diferença em seus tamanhos corporais. Ainda assim, tal dificuldade reprodutiva não ocasiona a formação de novas espécies (especiação). Essa especiação não ocorre devido ao(a)**

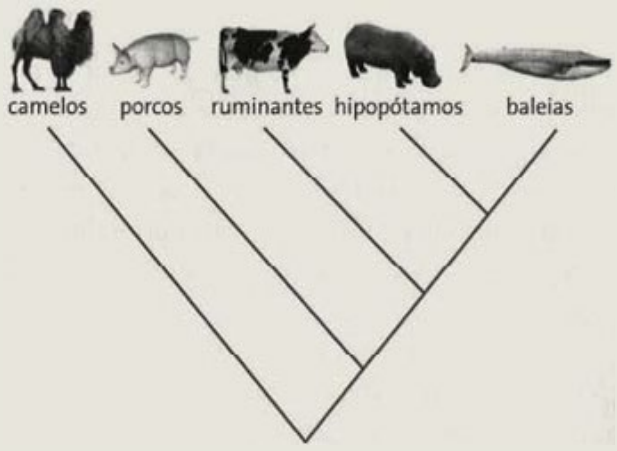
a) oscilação genética das raças.
b) convergência adaptativa entre raças.
c) isolamento geográfico entre as raças.
d) seleção natural que ocorre entre as raças.
e) manutenção do fluxo gênico entre as raças.

RESOLUÇÃO

Cães domésticos constituem uma espécie, dividida em diversas subespécies (raças). Segundo o texto, mesmo que cães de diferentes subespécies não consigam copular por diferença de tamanho, todos pertencem à mesma espécie – ou seja, nenhuma raça se transforma numa nova espécie. É claro que, mesmo com as diferenças de tamanho, nenhuma das raças é totalmente impedida de copular com outra raça. Assim, seja de que raça for, os cães continuam trocando genes de sua espécie. Essa troca de genes é o que se chama fluxo gênico.

Resposta: E

3. (UEG 2016) **A figura a seguir apresenta a árvore filogenética indicando que o hipopótamo é o parente evolutivo mais próximo da baleia. Entretanto, outros animais como crocodilos e rãs, que possuem ancestrais diferentes dos hipopótamos e demais apresentados na árvore, possuem a característica comum de que, quando estão com seus corpos submersos na água, mantêm os olhos e as narinas alinhados, rentes à superfície da água.**



LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. Biologia Hoje. *São Paulo: Ática, 2. ed. p. 162, 2013.*

A semelhança indicada no texto resulta de

a) convergência adaptativa
b) irradiação adaptativa
c) deriva genética adaptativa
d) mimetismo adaptativo

RESOLUÇÃO

Analisando as alternativas:

a) *Correta*. A convergência adaptativa ocorre quando organismos de parentesco distante desenvolvem características comuns, não por terem um ancestral em comum, mas por adaptação a seu ambiente.
b) *Incorreta*. Irradiação adaptativa acontece quando organismos com ancestral em comum se espalham em grupos que, ao avançar sobre novos meios, sofrem adaptações que lhes conferem vantagem adaptativa. Mas o enunciado informa que rãs, crocodilos e hipopótamos não descendem de um mesmo ancestral.
c) *Incorreta*. Deriva genética ocorre em seres de uma população, ou seja, seres da mesma espécie. Não é o caso apresentado na questão.
d) *Incorreta*. O mimetismo é o fenômeno pelo qual um ser vivo tem a aparência de outro. Com isso um animal pode, por exemplo, camuflar-se no meio ambiente e, assim, escapar de predadores. Este não é o caso entre rãs, crocodilos e hipopótamos, pois, apesar da característica em comum, esses animais não se parecem.

Resposta: A

4. (UNIFESP 2016) **No fim de abril, ao anunciar onde a duquesa de Cambridge, Kate Middleton, daria à luz sua filha, herdeira do príncipe William, a imprensa mundial noticiou que uma ala do Hospital de St. Mary, em Londres, havia sido fechada em decorrência de um pequeno surto de superbactéria. Se uma instituição frequentada por um casal real pode passar por uma situação como essa, dá para ter noção do desafio enfrentado diariamente por profissionais do mundo inteiro para lidar com microrganismos multirresistentes. http://noticias.uol.com.br. Adaptado.**

a) Tendo por base a biologia evolutiva, explique como uma colônia de bactérias pode dar origem a uma nova linhagem resistente ao antibiótico que até então era eficiente em combatê-la.

b) Na reprodução das bactérias, o processo que leva à formação de novas células assemelha-se mais à meiose ou à mitose? Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO

a) A vulnerabilidade de uma bactéria a um antibiótico é definida por genes. Se ocorre uma mutação nos genes, essa vulnerabilidade pode ser alterada. No caso da resistência a antibióticos, ao se reproduzir, a bactéria mutante transmite o novo gene a suas filhas, que, por sua vez, a transmitirão a suas filhas, e assim por diante. Aos poucos, a colônia terá grande número de bactérias de uma linhagem resistente.

b) Bactérias se reproduzem por reprodução assexuada (cissiparidade ou bipartição). Duplicam o cromossomo e dividem o citoplasma, formando duas células filhas, cada uma delas com os mesmos genes da mãe.

5. (PUCPR 2016, adaptada) **Em outubro de 2010, a Anvisa, após alguns hospitais brasileiros sofrerem com um surto da bactéria "KPC", resolveu proibir a venda de antibióticos sem receita médica pelas farmácias. Com a nova regra, a receita médica para antibióticos ficará retida na farmácia junto com os dados do comprador. A validade da receita é de 10 dias, o que obriga o paciente a procurar novamente o médico em casos de persistência da doença. Um dos objetivos da regra é mudar o hábito do brasileiro de se automedicar, uma vez que o uso indiscriminado de antibióticos pode provocar**

a) a resistência microbiana, a qual pode tornar a bactéria resistente ao medicamento, uma vez que o uso indiscriminado de antibióticos pode induzir novas formas de bactérias.

b) a aquisição de resistência por indução de componentes antimicrobianos; com isso, as bactérias geram cepas capazes de suportar os antibióticos.

c) a necessidade de mudança por parte da população bacteriana, que se torna resistente por alterações genéticas impostas pelo uso dos antibióticos.

d) a redução da eficácia dos antibióticos devido à seleção de organismos resistentes.

RESOLUÇÃO

Antibióticos não provocam nem induzem nenhum tipo de alteração gênica. O que faz uma colônica se tornar resistente é a seleção natural: bactérias que têm um gene mutante se replicam e transmitem suas características a suas filhas. Por resistirem ao agente agressor (antibiótico), essas novas bactérias são as que mais sobrevivem e mais rapidamente se reproduzem. Daí o antibiótico deixa de surtir efeito.

Resposta: E

RESUMO

Evolução

ORIGEM DA VIDA Segundo a **teoria heterotrófica**, os primeiros seres viviam em mares ricos em nutrientes e numa atmosfera sem oxigênio nem gás carbônico. A energia para o metabolismo era obtida por **fermentação**. Os primeiros seres fotossintetizantes introduziram o oxigênio na atmosfera. Surgiram, então, os primeiros seres aeróbios, que obtêm energia pela **respiração**.

LAMARCK O naturalista francês acreditava que o ambiente induzia o organismo a se modificar e, assim, se adaptar melhor ao meio. Segundo a lei do uso e desuso, um órgão se desenvolveria se fosse muito usado, e se atrofiaria e desapareceria se pouco usado. O pescoço das girafas seria longo de tanto os animais esticarem a cabeça para alcançar as folhas mais altas das árvores. As características desenvolvidas por hábitos de vida seriam transmitidas aos descendentes (herança dos caracteres adquiridos).

DARWIN Numa viagem de cinco anos pela América do Sul, África e Austrália, Charles Darwin fez observações que o levaram à ideia da evolução por seleção natural. Segundo o darwinismo, a **seleção natural** é um processo de longo prazo. Os indivíduos nascem com pequenas diferenças. Algumas dessas diferenças facilitam sua sobrevivência. Ao se reproduzirem, esses indivíduos transmitem a característica favorável a seus descendentes. O meio ambiente não induz a nenhuma variação, apenas funciona como "filtro", que seleciona os organismos mais adaptados (mais aptos a sobreviver). Mas Darwin não tinha ideia de como surgiam as características a ser filtradas em cada organismo.

O NEODARWINISMO, ou **teoria sintética da evolução**, afirma que a evolução se dá sobre dois pilares: o rearranjo dos genes e as alterações bioquímicas que ocorrem aleatoriamente nos genes. Tais alterações podem acontecer por acidentes no processo de duplicação do DNA, ou ser induzidas por forças ambientais (como radiação), mas jamais são orientadas para esta ou aquela finalidade. A seleção natural trata de selecionar a mutação que torna o indivíduo mais adaptado.

IRRADIAÇÃO E CONVERGÊNCIA ADAPTATIVA **Irradiação adaptativa** é o desenvolvimento de variações em espécies aparentadas que habitam ambientes diversos (o bico dos tentilhões de Darwin). **Convergência adaptativa** é o desenvolvimento de estruturas análogas em espécies não aparentadas, por força da adaptação a um mesmo meio (nadadeiras no tubarão e na baleia). **Mimetismo** é um tipo de convergência adaptativa, pelo qual um ser vivo assume a aparência de outro, ganhando com isso uma vantagem para sobrevivência.

DERIVA GENÉTICA É o mecanismo pelo qual um acontecimento aleatório altera a frequência de determinado alelo numa população. Essa alteração ocorre ao acaso – ou seja, não é provocada por seleção natural. A deriva pode afetar alelos neutros, benéficos ou deletérios.

4

BIOLOGIA ANIMAL

CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO

- *Árvore da vida* 66
- *Classificação científica* 68
- *Invertebrados* 70
- *Vertebrados* 72
- *Fisiologia animal* 75
- *Parasitoses humanas* 85
- *Como cai na prova + Resumo* 88

A diferença que o sexo não faz

Homens e mulheres têm algumas diferenças fisiológicas. No entanto, isso não justifica a desigualdade de gêneros, que as prejudica na vida social, política e econômica

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), as mulheres ganham, no mundo todo, 25% a menos que os homens, em média. A Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) estima que o simples fato de a mulher ter menor espaço no mercado de trabalho e receber menos que os homens resulta em uma perda anual de 12 trilhões de dólares, ou 16% do produto interno bruto (PIB) mundial, a soma de todas as riquezas produzidas no mundo. Elas também trabalham mais. Nos países em desenvolvimento, 50% das mulheres fazem jornada dupla: trabalham fora e mais quatro horas e meia em afazeres domésticos. Entre os homens, as tarefas em casa ocupam pouco mais de uma hora. A disparidade vai além dos aspectos econômicos. Elas são mais longevas, mas também são as maiores vítimas da violência doméstica e sexual. Uma a cada três mulheres no mundo já foi vítima de crimes de gênero.

No Brasil, as mulheres conquistaram alguns avanços nas últimas décadas, mas ainda falta muito para a paridade de gênero. A escolaridade e a participação delas na força de trabalho aumentaram. Ainda assim, as mulheres continuam recebendo menos que os homens. Elas constituem a maioria da população, mas ocupam apenas 10% das cadeiras da Câmara e 15% das do Senado. Essa falta de representação política limita a tramitação e aprovação de projetos de lei que garantam os direitos e ampliem as oportunidades delas.

Não confunda conceitos . Desigualdade de gênero é uma questão cultural, que não tem nada a ver com diferenças de sexo. Biologicamente, existem algumas diferenças, sim. Elas são, no geral, menores e fisicamente mais fracas do que eles. Os hormônios femininos reduzem os riscos de infarto do miocárdio e ampliam a longevidade. Estudos indicam, também, que algumas habilidades mentais podem ser explicadas, ao menos parcialmente, pelas diferenças neurológicas. Nelas, as ligações entre neurônios são mais complexas – o que as faz enxergar situações em contextos mais amplos, mas menos aptas a se concentrar em detalhes. No entanto, homens e mulheres têm organismos praticamente iguais. E as poucas diferenças não justificam a disparidade no trabalho e na vida social.

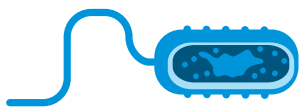
Neste capítulo você conhece os principais sistemas e órgãos que mantêm a vida de homens e mulheres.

ELAS NA DIREÇÃO
As mulheres avançam em profissões tradicionalmente masculinas, como conduzir ônibus. Mas têm uma longa jornada extra de trabalho quando voltam para casa

BRUNO MIRANDA/FOLHAPRESS

Os diferentes ramos da evolução

Os animais constituem um dos cinco reinos da natureza. E, como os demais seres do planeta, surgiram da evolução de um organismo unicelular procarionte. Na árvore filogenética, os animais são classificados por filo, conforme as principais características



REINO MONERA

São organismos **unicelulares procariontes**, como bactérias e cianobactérias

REINO PROTISTA

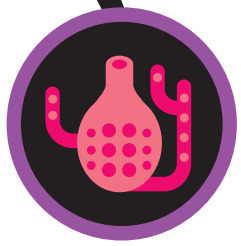
Seres **unicelulares eucariontes**. Fazem parte deste reino algas e protozoários, como giárdias, amebas e tripanossomas

REINO ANIMAL

Também chamado **Reino Metazoa** ou **Animalia**. Inclui organismos **pluricelulares e heterótrofos**. Os **vertebrados** fazem parte do **filo dos cordados**. Já os invertebrados se distribuem por diversos filos

Cnidários ou celenterados

Corais e **águas-vivas**, cujo corpo tem um tecido gelatinoso chamado mesogleia e uma cavidade digestiva interna. Apresentam células urticantes



Poríferos

São as **esponjas**, que têm poros e canais para circulação da água e nutrientes

REINO VEGETAL

Também chamado **Metaphyta** ou **Plantae**. Pertencem a este reino seres **pluricelulares autótrofos**, que têm células revestidas de uma parede de celulose. São os **vegetais terrestres** *(veja vegetais no capítulo 5)*

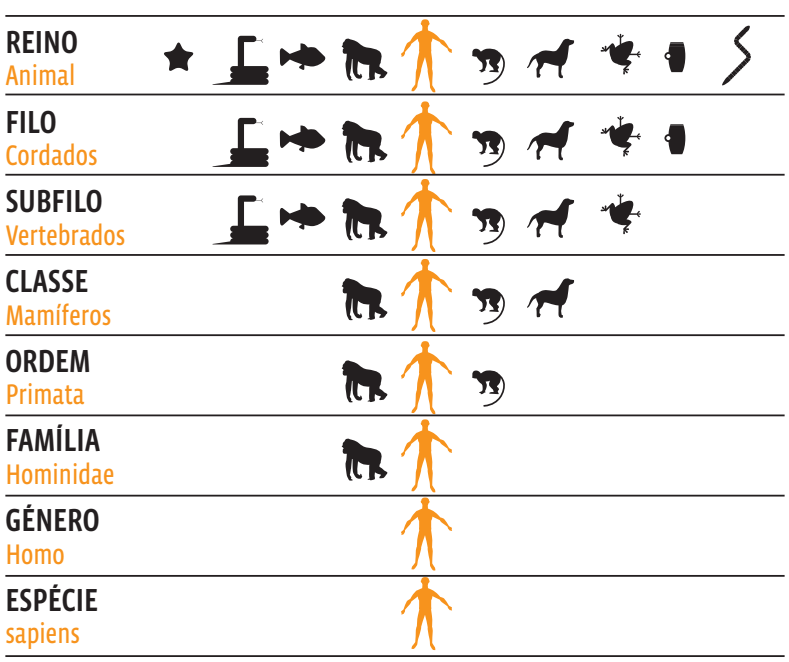
Musgos	**Briófitas**
Samambaias	**Pteridófitas**
Pinheiros	**Gimnospermas**
Plantas com flores e frutos	**Angiospermas**

REINO DOS FUNGOS

Também chamado **Reino Fungi**, reúne todos os fungos – seres **eucariontes**, sejam eles **unicelulares**, sejam **pluricelulares**

A CLASSIFICAÇÃO DO HOMEM MODERNO

Cada filo é dividido em subfilos, classes, ordens, famílias, gêneros e espécies. É o que se chama classificação taxonômica. Veja as categorias taxonômica do *Homo sapiens*



CORDADOS VERTEBRADOS

Equinodermos
Animais marinhos de esqueleto interno calcário, como **estrelas-do-mar** e **pepinos-do-mar**

Peixes
Animais aquáticos, de sangue frio, dotados de **nadadeiras** e que respiram por **guelras ou brânquias**

Anfíbios
Animais que passam parte da vida na água e outra parte em terra, como **rãs** e **sapos**. Na água, respiram por brânquias. Em terra, por pulmões. Também fazem troca gasosa pela pele

Répteis
Animais ectotérmicos (de sangue frio) e pele recoberta de escamas córneas (**cobras** e **lagartos**) ou placas ósseas (**tartarugas**)

Aves
Bípedes, ovíparos, com a pele revestida de penas, bico e ossos pneumáticos. São endotérmicos (de sangue quente)

Mamíferos
É a classe mais evoluída dos cordados. Têm o corpo coberto de pelos e glândulas mamárias que produzem, nas fêmeas, leite para os filhotes. Endotérmicos, sua temperatura corporal é controlada pelo cérebro

Platelmintos
Parasitas, como a **tênia** e o **esquistossomo**. Corpo achatado e mole, sem patas. Não têm sistema respiratório nem circulatório

Nematelmintos
Vermes cilíndricos de corpo não segmentado. Incluem alguns parasitas humanos, como a **lombriga**

Moluscos
Seres de corpo mole, não segmentado, como lesmas, lulas e polvos. Podem ser marinhos ou terrestres.

Anelídeos
Vermes com corpo segmentado em anéis, como as **minhocas** e **sanguessugas**. Na maioria das vezes, são hermafroditas

Artrópodes
É o filo com o maior número de espécies do reino animal. Inclui as classes dos crustáceos (caranguejos), aracnídeos (aranhas), diplópodes (centopeias) e insetos – animais com apêndices articulados, corpo segmentado em cabeça, tórax e abdome e exoesqueleto de quitina

CORDADOS, VERTEBRADOS E INVERTEBRADOS

Cordados São animais que apresentam, em algum estágio da vida, notocorda (estrutura de sustentação, da cabeça à cauda), tubo neural na região dorsal e fendas branquiais na faringe. **Vertebrados** é um subfilo dos cordados. São animais que têm esqueleto interno, ósseo ou cartilaginoso, coluna vertebral, cérebro e medula espinhal.

Invertebrados Não existe uma categoria científica específica para os invertebrados. O termo foi criado por Carlos Lineu, para indicar os animais que não têm coluna vertebral. Existem invertebrados em vários filos, como os dos cnidários e dos poríferos.

MÁRIO KANNO/MULTISP

TUDO IGUAL, MAS DIFERENTE Borboletas, que são insetos de uma mesma ordem – a dos lepidópteros –, apresentam imensa variedade de gêneros e espécies

Uma hierarquia para os seres vivos

Os primeiros sistemas de classificação dos seres vivos apareceram ainda na Antiguidade, e dividiam os animais entre vertebrados e invertebrados. À medida que o conhecimento em biologia avançou, novos sistemas surgiram. Um dos mais usados atualmente é o criado pelo ecologista norte-americano Robert Whittaker, em 1960. Essa **taxonomia moderna** segue um sistema de classificação que data do século XVIII, atribuído ao sueco **Carlos Lineu.** ◄

O sistema de Whittaker divide os seres vivos segundo o tipo de suas células – procarióticas ou eucarióticas –, o número de células – unicelulares ou pluricelulares – e na forma de nutrição – autótrofos (que produzem o próprio alimento) ou heterótrofos (que adquirem alimento do meio ambiente). Assim, os seres vivos se distribuem por cinco reinos: **Monera**, **Protista**, dos **Fungos**, **Vegetais** e **Animais** (*veja o infográfico na pág. 66*).

CARLOS LINEU (1707-1778)

Também conhecido pelo nome em latim, Carolus Linnaeus, foi um botânico sueco, considerado o pai da taxonomia moderna e, por muitos, o primeiro ecologista. A nomenclatura binomial (que identifica cada organismo por gênero e espécie, como *Homo sapiens*) já existia havia 200 anos quando Lineu trabalhou sobre seu sistema. Mas ele foi o primeiro a fazer uso prático dessa norma, para nomear plantas e animais. Na décima edição de sua principal obra, *Systema Naturae*, de 1758, Lineu listou 4,4 mil espécies animais e 7,7 mil vegetais. A popularização do sistema binomial foi um dos fatores que deram grande impulso à biologia nos séculos seguintes.

Bases da classificação

O sistema de classificação criado por Lineu é como uma escala, em que cada categoria faz parte de outra, mais ampla. A unidade básica é a **espécie**. Pertencem a uma mesma espécie organismos muito semelhantes e, principalmente, que conseguem cruzar entre si e se reproduzir, gerando descendentes também férteis.

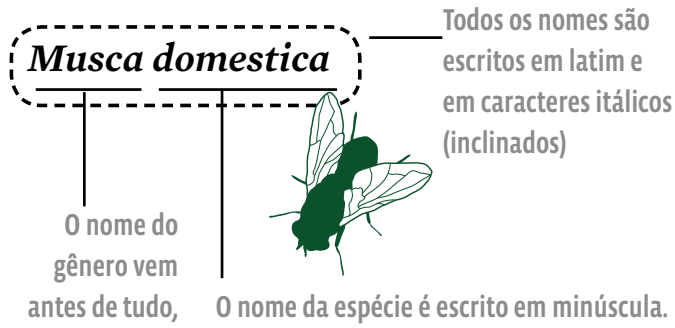
Algumas espécies até conseguem cruzar, mas seus filhotes híbridos serão estéreis. É o caso do jumento e da égua, que dão origem ao burro, que é infértil. Jumento e cavalo, portanto, são de espécies diferentes. Já o cachorro e o lobo geram descendentes férteis. Então, eles são da mesma espécie.

Espécies parecidas são reunidas no grupo taxonômico seguinte: **gênero**. Gêneros semelhantes formam **famílias**, que são agrupadas, em seguida, em **ordens**. As ordens são reunidas em grupos mais abrangentes, as **classes**, que, por sua vez, pertencem a diferentes **filos**. Por fim, os filos são agrupados segundo os cinco **reinos** de Whittaker. Para dar conta da complexidade de alguns grupos, os taxonomistas usam categorias intermediárias, como subfilo, subgênero ou superfamília.

Os degraus na escala taxonômica podem ser distribuídos numa **árvore filogenética**, ou **árvore da vida**, que mostra como os diferentes grupos se relacionam em termos evolutivos, ou seja, como organismos mais primitivos foram dando origem a outros, mais sofisticados. Isso significa que o modo de classificação dos seres vivos adota os conceitos de evolução de Charles Darwin, segundo os quais todos os organismos surgiram de um único ancestral comum (*veja o capítulo 3*).

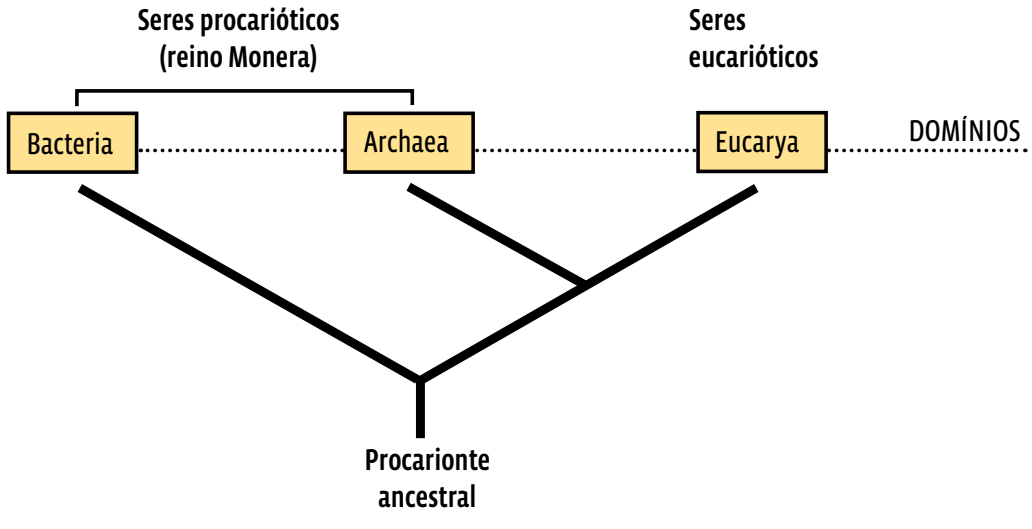
Nomenclatura

Para que cada espécie seja correta e coerentemente identificada por todo mundo, os cientistas convencionaram adotar uma série de regras para uniformizar a nomenclatura. Segundo essas regras, todo ser vivo é identificado por gênero e espécie, com um modo especial de grafar. Veja no exemplo abaixo, com o nome científico da mosca doméstica, as regras da nomenclatura científica.



OS DOMÍNIOS DE WOESE

Nos anos 1990, quando os conhecimentos de genética davam grande impulso à biologia molecular, o físico e microbiologista norte-americano Carl Richard Woese criou outro sistema de classificação. Ele descobriu diferenças importantes na sequência do RNA ribossômico de vários seres procariontes, que se refletem na bioquímica e no modo de vida de cada tipo de organismo. Por isso, não deveriam ser todos incluídos no Reino Monera. Woese propôs dividir os organismos desse reino em dois grandes domínios: **Bacteria** (com as bactérias atuais e cianobactérias) e **Archaea** (bactérias primitivas). Ele criou, ainda, outro domíio: **Eucarya**, com todos os reinos de eucariontes (protistas, fungos, animais e vegetais).



SAIBA MAIS

OS RAMOS NUMA ÁRVORE DA VIDA

A ordem dos ramos de uma árvore filogenética indica a linha de evolução de um grupo de organismos. Veja no infográfico na página 66 como, entre os diversos filos do Reino Animal, os cientistas põem mais perto dos cordados os equinodermos. Isso significa que o ser humano é mais aparentado às estrelas-do-mar do que a qualquer inseto, como as baratas.

Acredita-se que esse parentesco tenha surgido muito primitivamente, antes mesmo da explosão do Cambriano, há mais de 500 milhões de anos. Desde então, os filos foram se diversificando em classes, ordens, famílias, gêneros e espécies, cada um seguindo um projeto básico de adaptação ao ambiente, até chegar às formas de vida contemporânea.

iSTOCK

[1]

DE PERTO, NINGUÉM É NORMAL As aranhas enxergam pelos chamados ocelos. E têm o sistema nervoso distribuído por gânglios, em diversas partes do corpo

Sem coluna vertebral nem cérebro

Tudo o que os filósofos naturais podiam observar nos animais eram suas semelhanças e diferenças mais óbvias – se tinham ossos ou não, por exemplo. Foi assim que Aristóteles separou os animais entre vertebrados e invertebrados. Mais tarde, Carlos Lineu adotou o termo para se referir a insetos e vermes. E Jean-Baptiste Lamarck voltou a usar o conceito de invertebrado como um termo genérico. No entanto, o conceito de invertebrado não tem validade científica, pois esses animais podem ser muito diferentes entre si. É apenas um termo conveniente para identificar os filos que diferem do filo dos cordados.

Cordado é o filo dos animais que apresentam **notocorda**, **cordão neural dorsal** e **fendas branquiais** na faringe, em pelo menos uma fase da vida – seja como embrião, seja como adulto. **Notocorda** é uma estrutura de sustentação que se desenvolve na região dorsal, entre os tubos nervoso e digestivo. Ocorre em todos os cordados, pelo menos na fase embrionária. Nos vertebrados, a notocorda desaparece e, em seu lugar, surge a coluna vertebral. **Cordão neural dorsa**l, ou tubo nervoso dorsal, é a estrutura que dá origem ao sistema nervoso. **Fendas branquiais** são orifícios para a respiração, na região da faringe, que ocorrem pelo menos na fase embrionária dos cordados e podem persistir em algumas famílias, como a dos peixes.

Em contraposição, os invertebrados não apresentam essas características em nenhuma fase da vida. Neles, o sistema nervoso é normalmente ganglionar e se localiza principalmente na região ventral. Eles também não têm um órgão neurológico central (um cérebro), muito menos fendas branquiais na região da faringe. Como se vê, a falta de coluna vertebral é apenas um detalhe – dos mais visíveis – nos invertebrados.

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS INVERTEBRADOS

Os invertebrados pertencem a vários filos. Aqui você conhece os principais deles

PORÍFEROS São as esponjas, animais aquáticos fixos, extremamente simples, sem tecidos definidos nem sistema nervoso. Certas células cumprem a função de órgãos: os coanócitos (células com flagelos) fazem a água circular por dentro da esponja. E as células ameboides fagocitam o que por elas passar, digerem e distribuem o alimento às demais células do organismo.

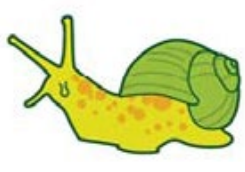
CNIDÁRIOS OU CELENTERADOS Seres aquáticos, como corais, águas-vivas, anêmonas, caravelas e hidras. Podem ser de dois tipos: pólipos, que ficam presos em um substrato, ou medusas, de vida livre. Sem ânus, livram-se dos resíduos orgânicos pela mesma abertura que serve de boca. Têm uma rede de células nervosas e outras células urticantes venenosas (cnidoblastos), que paralisam as presas e funcionam como arma de defesa.

PLATELMINTOS Vermes de corpo achatado, como planárias, solitárias e esquistossomos. Como os cnidários, não têm ânus, apenas boca, e alguns nem isso. Os que são parasitas conjugam sua circulação com a do organismo hospedeiro. Apresentam gânglios nervosos e, às vezes, ocelos que acusam a presença de luz.

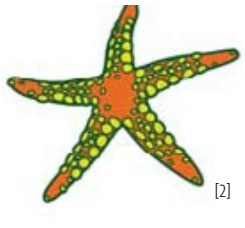
NEMATELMINTOS Vermes de corpo cilíndrico e afilado. Muitos são parasitas, como a lombriga e o ancilóstomo. O tubo digestório é completo, com boca e ânus. O sistema excretor é formado de tubos longitudinais ou células ventrais. O nervoso é constituído de um anel em volta do esôfago, de onde partem cordões nervosos.

ANELÍDEOS Incluem as minhocas, as sanguessugas e os vermes marinhos (poliquetas). Têm o corpo segmentado em anéis (ou metâmeros), que repetem alguns órgãos, como os nefrídeos (rins). Apresentam sistema circulatório fechado e sistema nervoso ganglionar.

ARTRÓPODES Animais com corpo protegido por exoesqueleto de quitina, segmentado em cabeça, tórax e abdome. Têm, também, apêndices articulados (patas, antenas, quelíceras e asas). Constituem o maior grupo de animais da Terra, representando 80% de todas as espécies conhecidas, e está dividido em diversas classes. Os mais conhecidos são: insetos (barata, borboleta, mosca, pulga, formiga), crustáceos (camarão, lagosta, siri, caranguejo), aracnídeos (aranhas e escorpiões), quilópodes (centopeias, lacraias) e diplópodes (piolhos de cobra). O sistema respiratório dos insetos, quilópodes e diplópodes é traqueal, que leva oxigênio direto aos tecidos sem envolver o transporte pelo sangue. Os aracnídeos respiram através de filotraqueias, e os crustáceos, por brânquias. Nessas duas classes, os gases são transportados pelo sangue.



MOLUSCOS Animais de corpo mole, não segmentado, como caramujos, lesmas, ostras, polvos e lulas. Muitos têm alguma estrutura rígida, como conchas. Apresentam o corpo dividido em cabeça, com órgãos sensoriais, massa visceral e pé musculoso, que pode ser especializado em tentáculos. As formas aquáticas têm respiração branquial, e as terrestres, cutânea. Os caracóis de jardim apresentam um órgão semelhante aos pulmões.



[2]

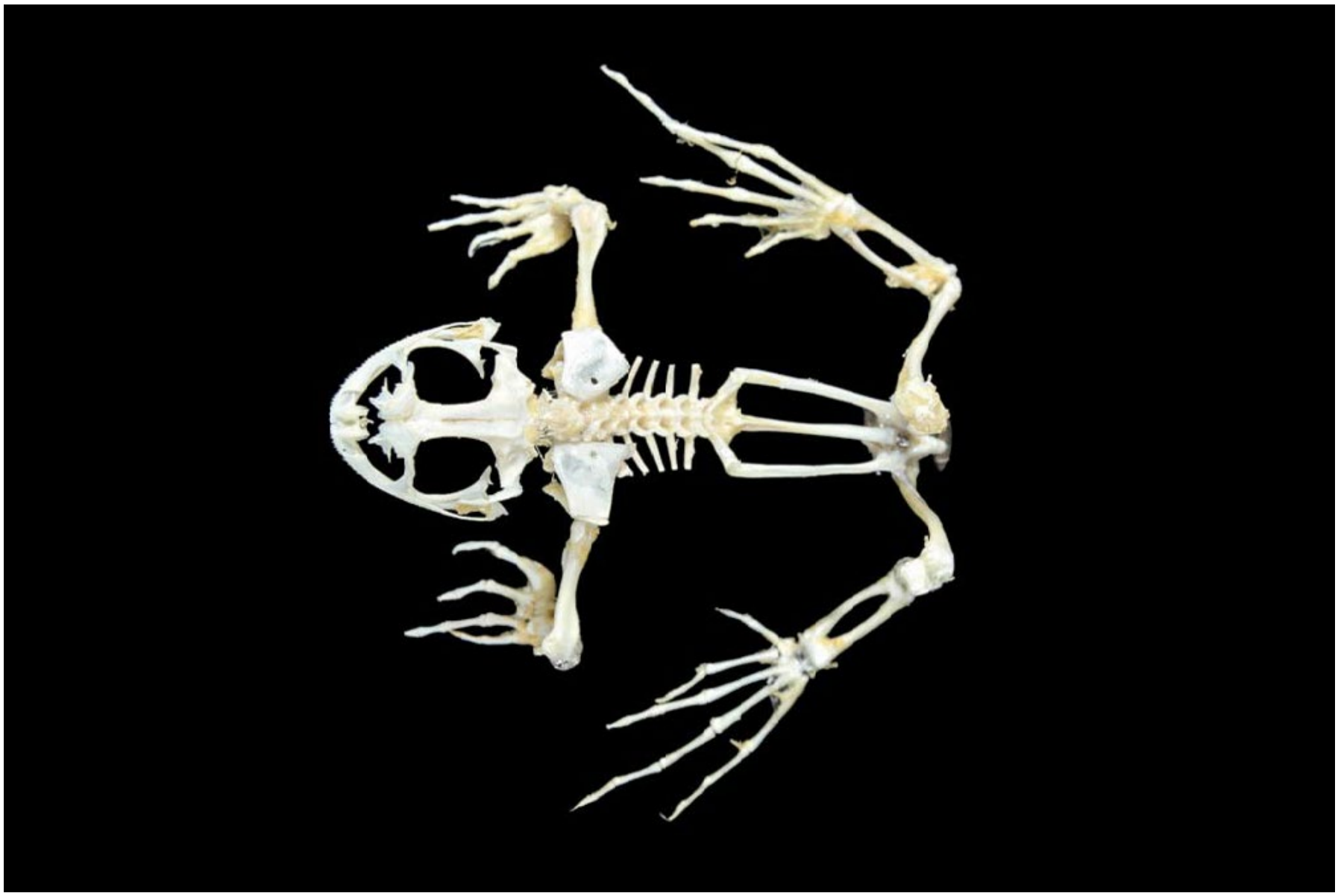
EQUINODERMAS Animais marinhos com endoesqueleto (esqueleto interno) de placas calcárias articuladas com espinhos, coberto com uma fina camada de tegumento (pele). Apresentam simetria radial. Pertencem a esse filo as estrelas-do-mar, ofiúros, pepinos-do-mar e ouriços-do-mar. Os equinodermas são considerados o filo mais próximo dos cordados, pois se assemelham a estes durante o desenvolvimento embrionário.

SAIBA MAIS

ONDE FICA O CÉREBRO DA MINHOCA

Minhoca não tem cérebro. Como a maioria dos invertebrados, os anelídeos não possuem um órgão nervoso central, mas um sistema nervoso ganglionar, ou seja, formado de pequenos gânglios espalhados por diversas partes do corpo, principalmente o ventre. As minhocas também não têm um único coração. O sangue é distribuído por um vaso sanguíneo dorsal e outros vasos menores, que se repetem pelos segmentos. Isso também acontece com os nefrídios, que cumprem a função dos rins.

[1] iSTOCK [2] ESTÚDIO PINGADO



MENTE ESPERTA, ESPINHA ERETA Todos os verbebrados, como este anfíbio, têm coluna vertebral e sistema nervoso central, com o cérebro no comando

A turma dos bem-estruturados

Os invertebrados não constituem uma categoria científica de classificação. Mas os vertebrados, sim: são um subfilo dos cordados. Nos vertebrados, a notocorda desaparece durante o desenvolvimento embrionário e é substituída pela coluna vertebral. O tubo neural dorsal origina o sistema nervoso central, com cérebro e medula. As fendas branquiais podem ou não permanecer no adulto, dependendo do hábitat do animal. Nos peixes permanece e nos mamíferos terrestres não.

O subfilo dos vertebrados inclui mais de 50 mil espécies, divididas em duas grandes superclasses: **peixes** e **tetrápodes** (animais com quatro membros).

A superclasse dos **peixes**, ou *pisces*, inclui as classes:

- **Agnatha:** animais aquáticos sem mandíbulas, como as lampreias e feiticeiras.
- **Chondrichthyes:** peixes cartilaginosos, como tubarões e arraias.
- **Osteichthyes:** peixes ósseos, como salmão, sardinha, dourado.

A superclasse **tetrápode** inclui as classes:

- **Amphibia**: sapos, rãs, pererecas e salamandras. A pele é úmida, sem escama e pouco queratinizada.
- **Reptilia:** cobras, lagartos, jacarés, crocodilos e tartarugas. A pele é impermeável, com muitos anexos epidérmicos (escamas, placas, garras). Os répteis foram os primeiros animais a se reproduzir fora da água, graças ao aparecimento dos ovos com casca.
- **Aves:** pardais, galinhas, avestruzes, pinguins. Pele revestida de pena e membros anteriores transformados em asas. Também apresentam ovo com casca.
- **Mammalia:** ornitorrinco, canguru, baleia, cão, rato, boi, homem e morcego. São os mamíferos, animais recobertos de pelo e que apresentam glândulas mamárias.

Entre os cordados, as aves e os mamíferos são animais homeotérmicos (ou endotérmicos), ou seja, mantêm a temperatura corporal constante, independentemente da temperatura do meio ambiente. São os animais de sangue quente. Os

demais cordados (anfíbios, répteis e peixes) são pecilotérmicos (ou ectotérmicos): a temperatura corporal varia de acordo com a temperatura do meio ambiente.

Desenvolvimento embrionário

Todos os vertebrados e invertebrados são gerados por reprodução sexuada. Então, começam a vida como um ovo (ou zigoto) – o óvulo (gameta feminino) fecundado pelo espermatozoide (gameta masculino).

Nos invertebrados, o processo de desenvolvimento embrionário é muito simples. Mas, nos vertebrados, esse desenvolvimento é mais complexo, passando por várias fases até chegar ao estágio de larva, como um girino, ou de filhote já com a forma parecida com a do animal adulto, como um bezerro.

Alguns vertebrados chocam os ovos dentro do próprio corpo e só os liberam quando os filhotes já estão prontos para nascer. Esse tipo de animal é chamado **ovovivíparos**. É o caso de muitas cobras.

Outros vertebrados põem ovos que têm de se desenvolver fora do corpo materno. É o caso de peixes, anfíbios, aves e da maioria dos répteis – os **ovíparos**. Entre peixes e anfíbios, os ovos são postos na água, e a maioria se desenvolve em larva. Livre no meio ambiente, a larva se encarrega, ela mesma, de se alimentar e se defender até chegar à idade adulta. Daí que os ovos não precisam ser muito equipados. Mas em ovíparos terrestres, como aves e répteis, a história é diferente. Para sobreviverem à gestação longe do ventre materno, os ovos carregam todo um arsenal que permite ao embrião proteger-se, nutrir-se e manter-se hidratado – os **anexos embrionários.**

Anexos embrionários são estruturas formadas pelas células de um embrião. Não fazem parte do organismo do animal, mas ajudam no seu sustento.

Já os mamíferos são **vivíparos** – os filhotes nascem fora do ovo. Nesse caso, as partes externas dos anexos embrionários, destinados à proteção, transformaram-se, no decorrer de milhões de anos de evolução, nas estruturas de conexão com o útero materno, como a placenta (*veja o infográfico abaixo*). O desenvolvimento de um embrião humano envolve três fases bem distintas (*veja na pág. 74*)

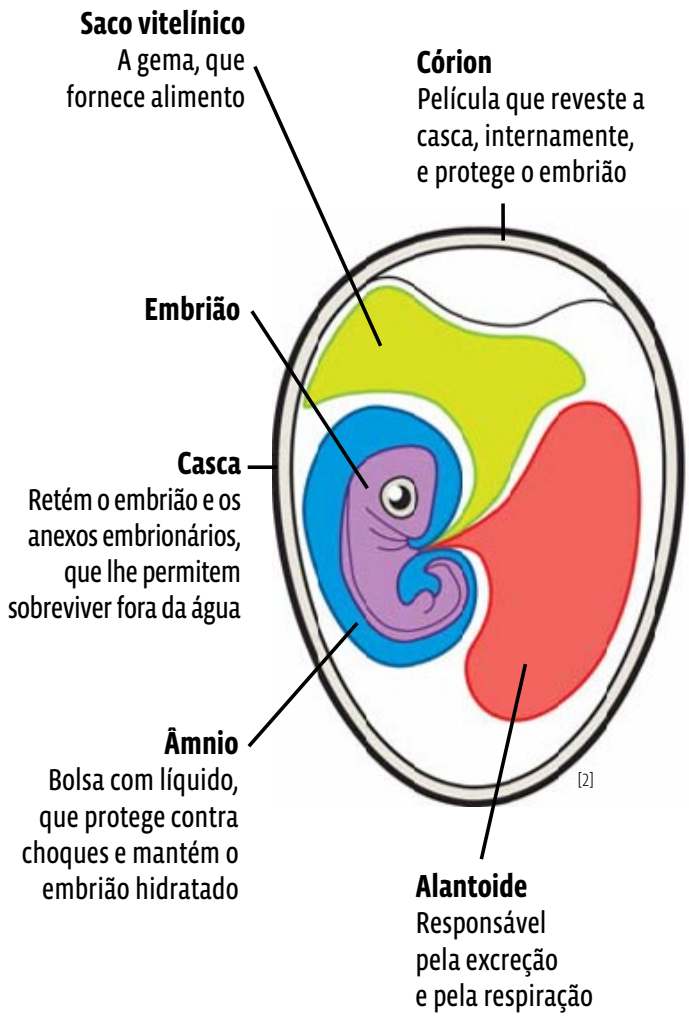
DIFERENTES FORMAS DE PROTEÇÃO

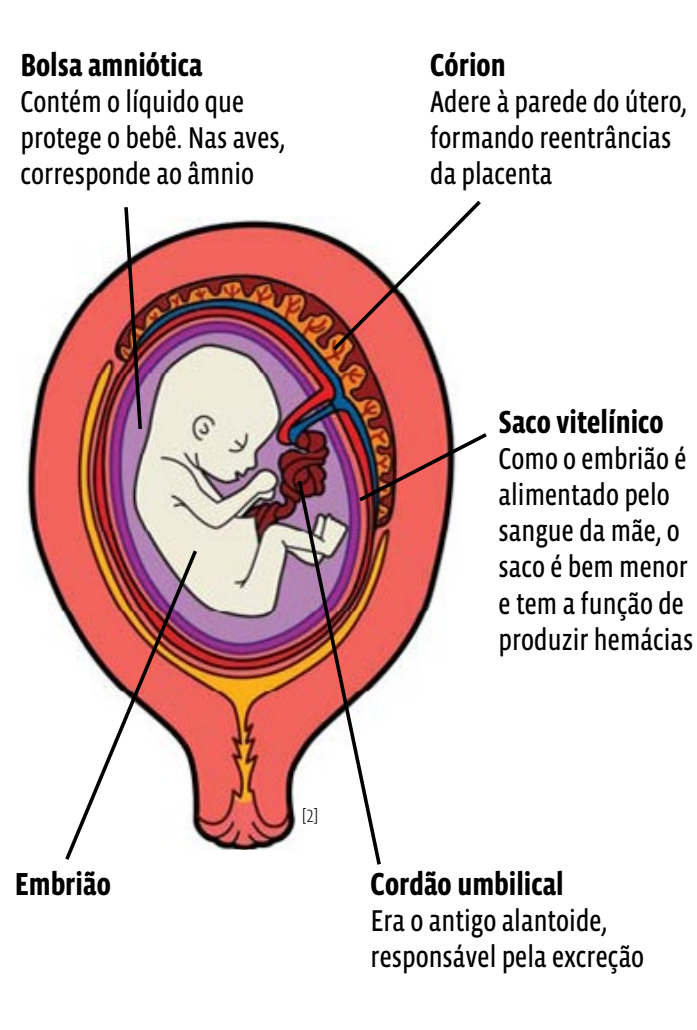
OVO DE AVE

O embrião está protegido por um ovo com casca. Dentro do ovo há reserva de alimentos e estruturas que permitem sua sobrevivência fora da água

EMBRIÃO HUMANO

Tem estruturas em comum com o ovo de galinha, mas com adaptações. O alantoide e o saco vitelínico ficam incorporados ao cordão umbilical





SAIBA MAIS

TODOS OS SUBFILOS DOS CORDADOS

O filo dos cordados compreende três subfilos: o dos **vertebrados**, o dos **urocordados** (ou tunicatos) e o dos **cefalocordados**. Exemplo de cefalocordado é o anfioxo. Estes dois últimos subfilos reúnem organismos primitivos, geralmente agrupados sob a classificação de **protocordados**. São animais aquáticos, sem coluna vertebral. Em alguns, a notocorda permanece como estrutura de sustentação, enquanto em outros, ela simplesmente desapareceu. A parte anterior de seu tubo nervoso não se diferencia em cérebro.

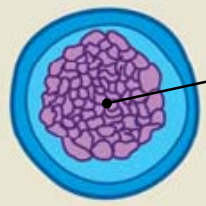
[1] JEAN-MICHEL LABAT/BIOSPHOTO [2] ESTÚDIO PINGADO

O HOMEM, DO OVO AO EMBRIÃO

O óvulo fecundado pelo espermatozoide passa por diversas fases de desenvolvimento, até formar os vários tecidos do organismo

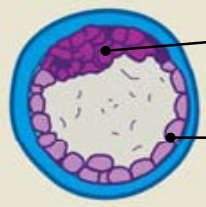
Ovo
Começa a se dividir na tuba uterina, por mitose, num processo chamado clivagem ou segmentação. Enquanto isso ocorre, durante três dias, o ovo se desloca para o útero

Mórula
A clivagem, que ocorre num ritmo de progressão geométrica, transforma o ovo numa esfera maciça, em que todas as células são totipotentes



Células-tronco totipotentes, que darão origem a todos os órgãos e tecidos

Blastocisto
A mórula se enche de líquido e cresce, formando um aglomerado de 70 a 100 células – o blastocisto. No seu interior fica o maciço celular, que originará o embrião

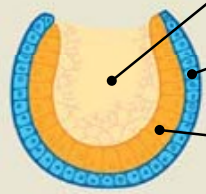


O maciço celular originará o embrião

A casca externa forma a placenta

Gástrula

1 As células internas do blastocisto se diferenciam e formam a gástrula, revestida por uma camada de células internas (endoderme) e outra, de células externas (ectoderme)

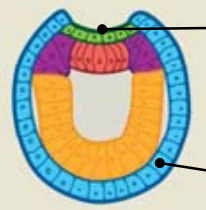


Arquêntero
Cavidade central, intestino primitivo

Ectoderme
Camada externa de células

Endoderme
Camada interna de células

2 Uma terceira camada de células forma-se entre a ectoderme e a endoderme. É a mesoderme



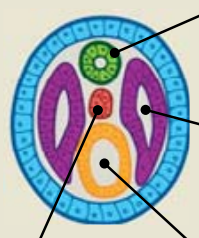
Placa neural
Formada pela ectoderme, começa a se dobrar para dentro

Mesoderme
Forma a notocorda

3 As células do embrião continuam se organizando

Placa neural
Separa-se da ectoderme

Nêurula
As células começam a se distinguir em diversos tecidos e a originar órgãos e sistemas



Tubo neural
A placa neural fecha-se em tubo, que se transformará na medula espinhal e no cérebro

Celoma
Cavidade corporal, que abrigará os órgãos, formada pela mesoderme

Notocorda
Desaparecerá e dará lugar à coluna vertebral

Arquêntero
Formará o intestino

A mesoderme dá origem a:
- Derme
- Músculos lisos e esqueléticos
- Sistema circulatório
- Sistema esquelético
- Sistema excretor
- Sistema reprodutor

A endoderme dá origem a:
- Epitélio de revestimento e glândulas do tubo digestório
- Pulmões
- Fígado
- Pâncreas

A ectoderme dá origem a:
- Epiderme e anexos cutâneos (pelos e glândulas mucosas)
- Sistema nervoso
- Epitélio de revestimento das cavidades nasais, bucal e anal

[1]

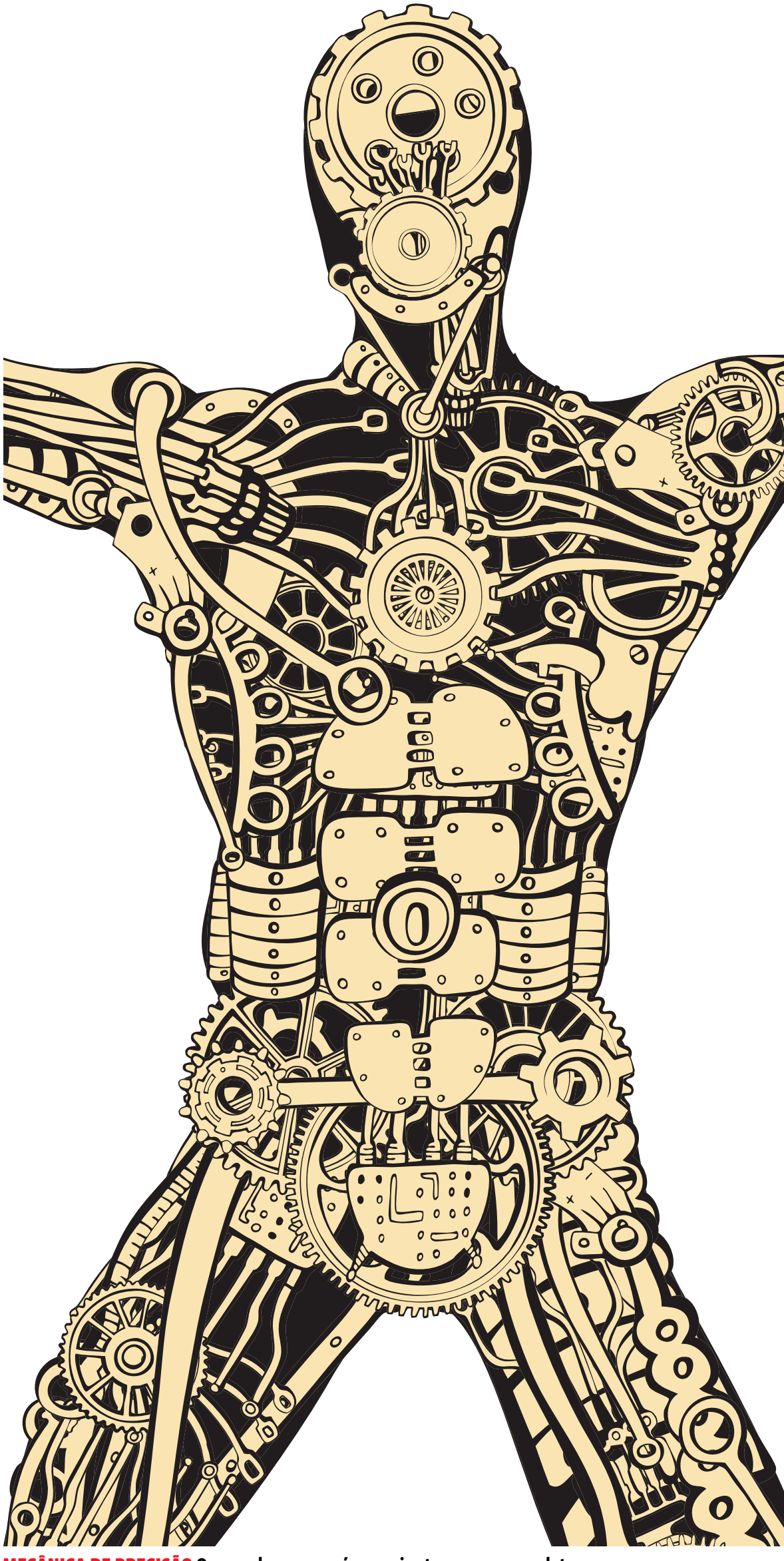
Mecanismos vitais do ser humano

A ilustração ao lado retoma uma ideia que teve como grande divulgador o filósofo francês René Descartes, no século XVII: a de que o corpo humano é uma máquina, com engrenagens, alavancas e encanamentos que interligam os diversos órgãos. Na visão mecanicista de Descartes, o corpo do homem, como tudo o que é feito de matéria, fuciona como um relógio. E todas as doenças são consequências da desregulação dessas partes mecânicas. Hoje, na era da eletrônica, a representação do corpo humano faria uso de outras imagens, é claro: todo o controle seria feito por microprocessadores, e as alavancas seriam substituídas por teclados ou telas que respondem ao toque. Mesmo assim, o corpo humano ainda é entendido como uma máquina comandada pelo cérebro. Seja como for, o corpo reúne vários órgãos e tecidos, que trabalham em conjunto. Cada conjunto de órgãos é classificado conforma sua função.

Sistema tegumentar

Também chamado sistema de **revestimento**, o sistema tegumentar é a **pele**, o maior órgão do corpo humano. Tem como principais funções proteger o organismo das agressões externas, atuando como barreira inicial contra microrganismos, e captar o que acontece no ambiente à volta do corpo, pelo tato e pelas sensações de frio ou quente, seco ou molhado, dor ou prazer.

Como nos demais mamíferos terrestres, o homem desenvolveu um tipo de pele impermeável formada de **tecido epitelial**, ou epitélio, e **tecido conjuntivo** (*veja no infográfico na pág. 76*). No epitélio, as células estão justapostas, muito próximas umas das outras, como ladrilhos de um assoalho. Além da pele, outros órgãos são revestidos de epitélio – como o intestino. O **tecido conjuntivo**

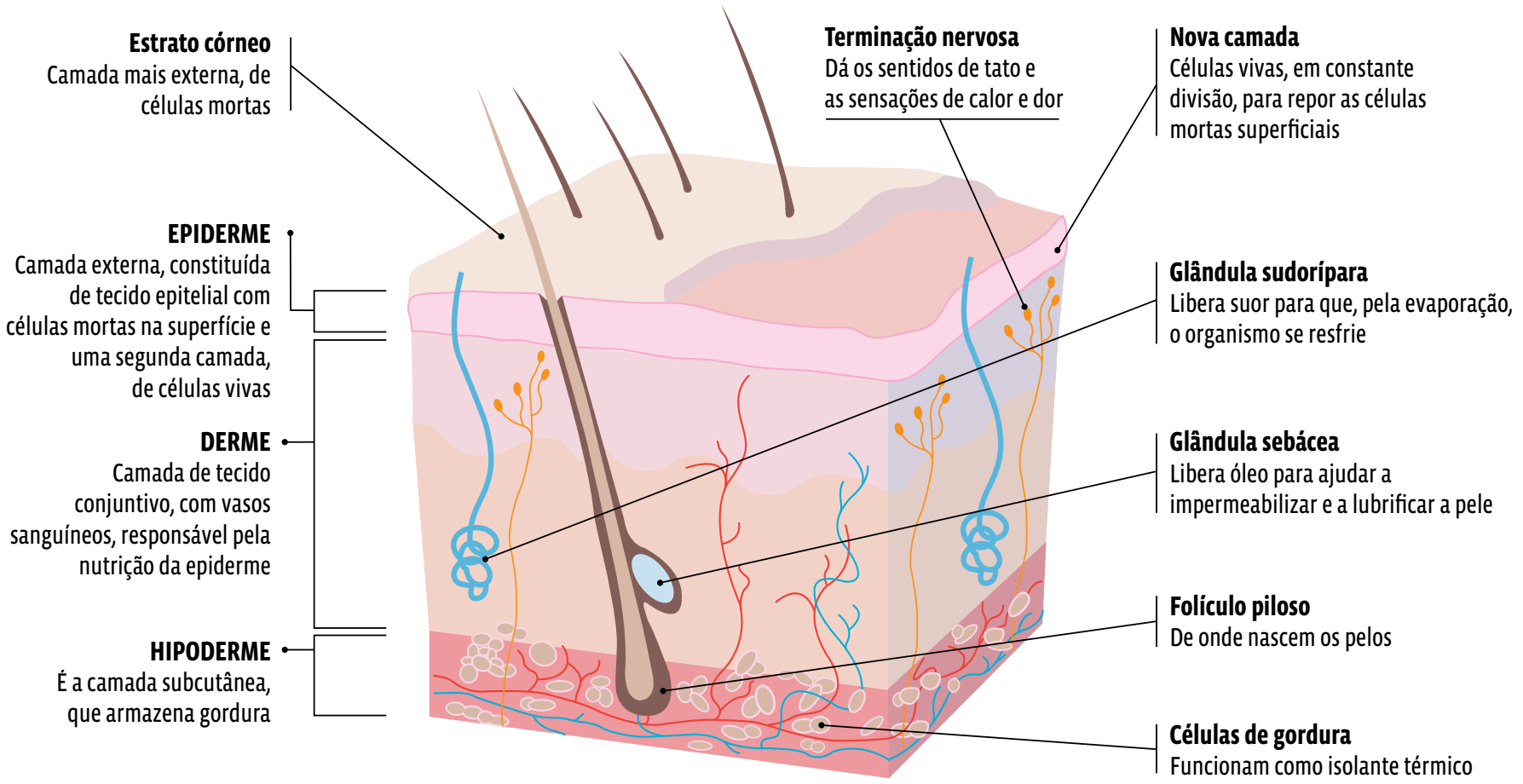


[2] **MECÂNICA DE PRECISÃO** O corpo humano reúne conjuntos que se completam

[1] ESTÚDIO PINGADO [2] iSTOCK

A PELE QUE NOS PROTEGE

O tecido de revestimento do organismo humano é composto de três camadas e cortado por nervos e vasos sanguíneos



SANGUE FRIO **Os répteis precisam tomar sol para manter o corpo quente** [1]

é o tipo de tecido que preenche o espaço entre as células do corpo e sustenta os órgãos. É esse tecido que contém a proteína colágeno, que dá elasticidade à pele. Tendões, cartilagens, ossos, sangue e medula óssea são formas especializadas de tecido conjuntivo. A **mucosa** é um tipo de pele, fina, úmida e sensível, como a da boca, dos órgãos genitais e do interior das pálpebras.

NOS OUTROS ANIMAIS Nos vertebrados, o tegumento apresenta várias camadas de célula, e, nos invertebrados, é composto de uma única camada. Mas todo tegumento – seja ele nu, seja recoberto de penas, de pelos ou de escamas – transmite sensações ao sistema nervoso. Muitos animais usam a pele para camuflagem, comunicação ou atração de parceiros sexuais.

Aves e mamíferos utilizam as penas, os pelos e a gordura como isolantes térmicos. Isso lhes permite a homeotermia, ou seja, a manutenção do corpo a uma temperatura constante, independentemente da temperatura externa. A homeotermia é o que dá a pinguins, focas, ursos-polares e camelos a capacidade de viver em temperaturas extremas. Para manterem a temperatura corporal constante, esses animais consomem muita energia. Por isso, têm de comer constantemente. Exceção a essa regra são os animais que hibernam em algum período do ano – é o caso dos ursos.

Todos os demais animais, vertebrados ou invertebrados, são ectotérmicos. Lagartos e jacarés, por exemplo, ficam ao sol boa parte do dia, para se aquecer o suficiente e, com isso, manter a agilidade dos movimentos. Como consomem pouca energia na manutenção da temperatura do corpo, esses animais podem ficar muito tempo sem se alimentar. Os anfíbios têm pele nua e úmida, que libera um muco que permite que eles façam trocas gasosas com o ambiente.

Sistemas de sustentação

O **esqueleto** e os **músculos** constituem os dois sistemas de sustentação do corpo dos vertebrados. O esqueleto também protege os órgãos e, com a musculatura, promove os movimentos. Como ocorre em todos os vertebrados, a parte dura dos ossos do homem, o **tecido compacto**, é inorgânica, constituída de fosfato de cálcio. É uma estrutura porosa e vascularizada, ou seja, cortada por canais por onde circulam células responsáveis por construir e reconstituir o tecido ósseo. Internamente, alguns ossos, como o fêmur, têm um material esponjoso – **tutano**, ou **medula óssea**. A medula é um tecido conjuntivo especial, chamado **hematopoiético**, responsável pela produção de células do sangue.

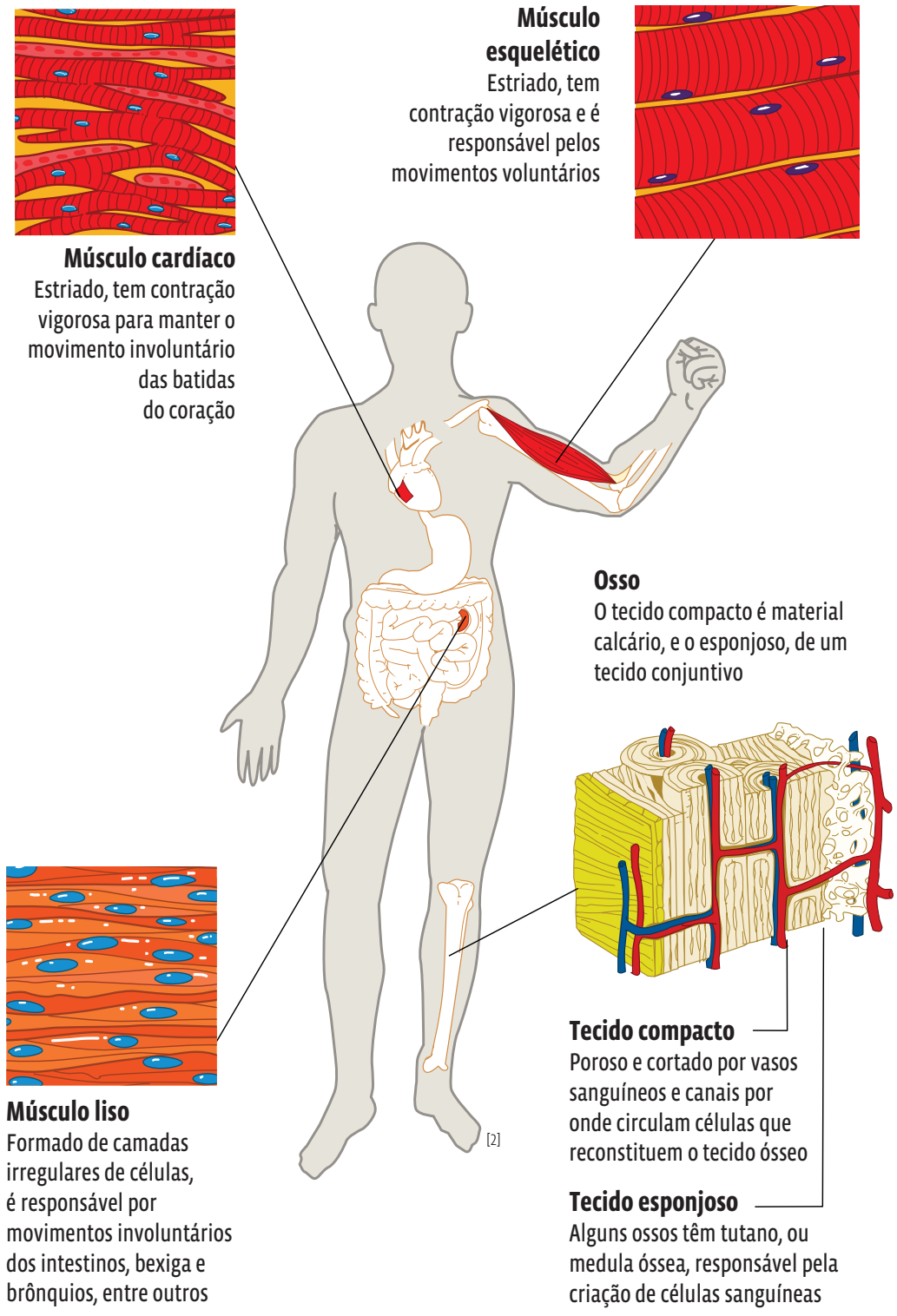
Também como ocorre com todos os vertebrados, os músculos do homem são ligados ao esqueleto por **tendões** – cabos resistentes, formados de tecido conjuntivo. Existem três tipos de músculo: esquelético, liso e estriado cardíaco (*veja ao lado*). Cada um desses tecidos cumpre uma função específica, em diferentes partes do corpo.

O **tecido muscular esquelético** é ligado aos ossos e às cartilagens e é responsável pelos movimentos voluntários do corpo – como andar, mastigar, abrir e fechar as mãos –, sob o comando do sistema nervoso central. Suas células têm vários núcleos, e sua contração é rápida e vigorosa. Os **músculos lisos** são formados de células com um único núcleo (mononucleadas), dispostas em camadas irregulares. Esses músculos realizam movimentos involuntários, sob comando do sistema nervoso autônomo. São eles que movem os alimentos pelo intestino, contraem e expandem os brônquios, as veias e as artérias, controlam a contração do útero durante o parto e a da bexiga para a eliminação da urina. São músculos lisos, também, que arrepiam os cabelos e os pelos. A musculatura lisa apresenta contração lenta. O **músculo estriado cardíaco** realiza movimentos involuntários, mas, ao contrário do que ocorre com os músculos lisos, é rápido e capaz de gerar seu próprio movimento. Apesar de suas células serem mononucleadas, é um tecido mais parecido com o sistema muscular esquelético.

As fibras musculares têm feixes de duas proteínas, **actina** e **miosina**. Ao receber estímulos elétricos do sistema nervoso central ou autônomo, a miosina se liga à actina e a puxa, encurtando o feixe e provocando o movimento (*veja mais sobre sistema nervoso na pág. 82*). Para se contraírem, os músculos fazem a hidrólise (queima) do ATP. Quando um animal morre, a hidrólise acontece automaticamente, e os músculos ficam travados na posição contraída, até que a decomposição enfraqueça suas fibras – trata-se do *rigor mortis*.

OSSOS E MÚSCULOS

O sistema de sustentação é também responsável pelos movimentos



[2]

NOS OUTROS ANIMAIS Nem todos os animais têm esqueleto. E, quando têm, eles podem ser internos (**endoesqueletos**) ou externos (**exoesqueletos**). Esqueleto interno é típico de esponjas, equinodermos, vertebrados e alguns moluscos, como a lula e a sépia. Exoesqueleto ocorre em todos os artrópodes e também em alguns moluscos (as conchas de ostras, caracóis e náutilos).

Nem todos os esqueletos são formados de cálcio. Nos artrópodes, são feitos de quitina. Para crescerem, os artrópodes precisam se livrar de seus exoesqueletos periodicamente, num processo chamado **muda** ou **ecdise**.

Exceto esponjas e alguns parasitas, todos os animais, vertebrados ou invertebrados, são dotados de músculos. Ligados ao esqueleto por tendões,

[1] DIVULGAÇÃO [2] ESTÚDIO PINGADO

os músculos formam alavancas que, contraídas ou relaxadas, criam os movimentos. Em todos os animais, a maioria dos músculos funciona sob controle do sistema nervoso central ou autônomo.

Sistema circulatório

O sistema circulatório é como uma rede de autoestradas, por onde trafegam elementos importantes para as células, os tecidos e os órgãos. Bombeado pelo coração, o sangue carrega oxigênio e nutrientes para as células e retira delas os resíduos, distribui hormônios pelos órgãos e leva as células que defendem o organismo do ataque de agentes patogênicos, como vírus e bactérias. Além disso, o sangue é responsável por manter o corpo numa temperatura estável.

O sistema circulatório humano é formado por três tipos de vasos sanguíneos que se comunicam, direta ou indiretamente, com o coração:

- **Artérias,** que carregam o sangue pobre em oxigênio do coração para os pulmões e o sangue oxigenado do coração para os órgãos.

- **Veias,** que levam o sangue pobre de oxigênio dos órgãos de volta ao coração, e o sangue oxigenado dos pulmões ao coração.

- **Capilares,** vasos muito delgados, que levam o sangue até as extremidades do organismo.

O sangue arterial é vermelho por causa da combinação do oxigênio com o ferro existente na hemoglobina. Porque trabalham sob uma pressão mais alta, as artérias têm as paredes grossas, principalmente as mais próximas do coração.

As veias por onde circula o sangue pobre em oxigênio dos órgãos para o coração têm válvulas para impedir que ele retorne. O sangue venoso é escuro porque é rico em gás carbônico.

A circulação ocorre por um sistema fechado coração-pulmões-coração-órgãos-coração. A primeira parte dessa viagem (coração-pulmões--coração) é chamada circulação pulmonar, ou pequena circulação. Nela, ao contrário do que ocorre no restante do corpo, o sangue venoso passa do coração para os pulmões por artérias e é devolvido ao coração por veias (*veja o infográfico abaixo*).

O sangue é composto de:

- **Plasma,** a parte líquida que transporta os nutrientes e excretas metabólicos.

- **Elementos figurados:** glóbulos vermelhos (ou hemácias, que carregam o oxigênio), plaquetas (pedaços de células que coagulam o sangue exposto ao ar) e glóbulos brancos (células de defesa do organismo).

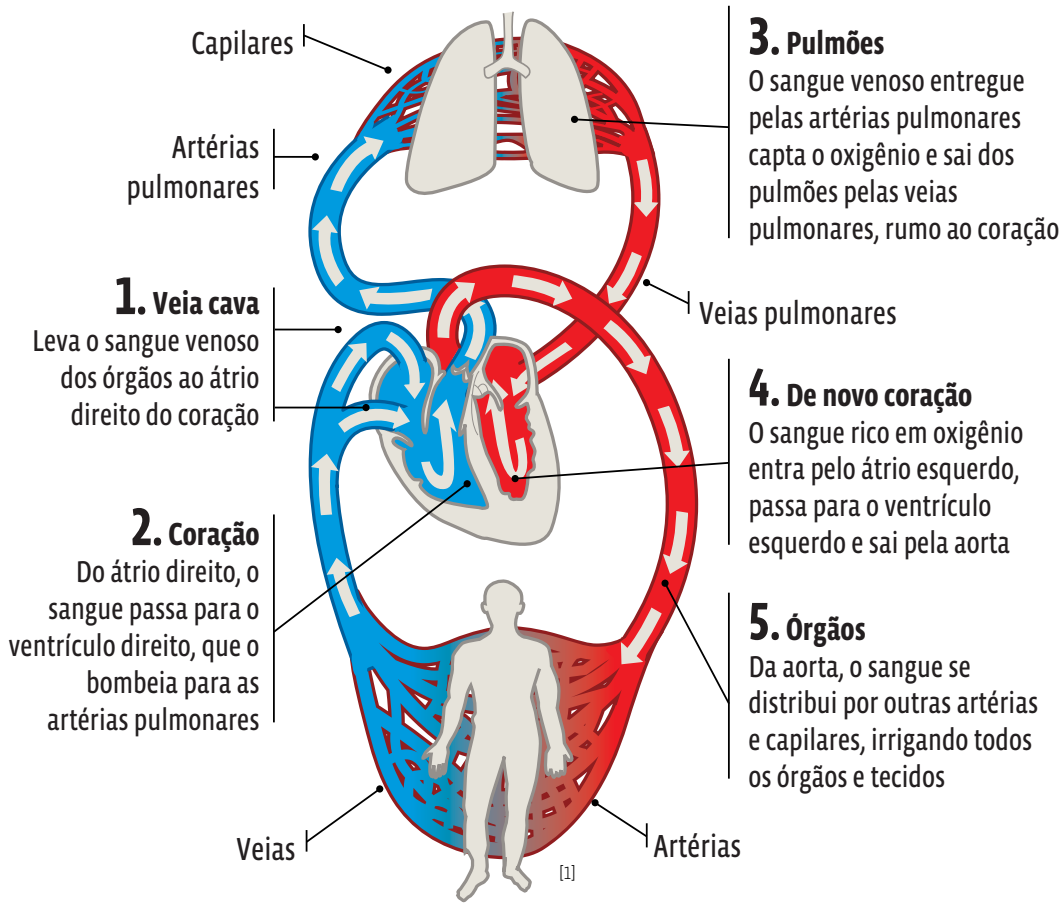
Ao passar pelos capilares, o plasma sanguíneo banha os tecidos. Uma parte desse líquido retorna aos capilares, mas outra é colhida por um sistema auxiliar conhecido como **sistema linfático** e passa a se chamar linfa. Uma veia debaixo do braço devolve a linfa ao sangue, mas antes ela passa pelos nódulos linfáticos (**linfonodos**), que adicionam à linfa glóbulos brancos especiais – os **linfócitos**. Falhas nesse sistema fazem a linfa se acumular no corpo, causando edemas (inchaços).

NOS OUTROS ANIMAIS Sistema circulatório fechado é exclusividade de vertebrados e anelídeos. Nesses animais, o transporte de oxigênio é feito pela **hemoglobina**, pigmento baseado em ferro, que dá a cor vermelha ao sangue. As moléculas de hemoglobina são pequenas e precisam ser acondicionadas em glóbulos vermelhos para não se dispersar pelos tecidos.

O sangue tem diferentes funções, e a circulação ocorre de maneiras distintas. Em moluscos e artrópodes, o sangue viaja parte do trajeto em vasos e outra parte por cavidades chamadas lacunas, impulsionado por um coração ou vários deles. Os aracnídeos levam o oxigênio diretamente ao sangue, através de **pulmotraqueias**. Vários

CARROSSEL DE SANGUE

O sangue faz um circuito fechado, que passa duas vezes pelo coração



[1]

crustáceos e todos os moluscos têm um pigmento chamado **hemocianina**, baseado em cobre, que transporta o oxigênio. Insetos, quilópodes (centopeias) e diplópodes (piolhos-de-cobra) não usam o sangue para o transporte de oxigênio, apenas para o de alimentos e resíduos. Existe, ainda, um grande número de animais que não têm sangue nem sistema circulatório algum. Em esponjas, celenterados, platelmintos e nematelmintos, os gases e os nutrientes distribuem-se diretamente pelas células, por difusão.

Sistema respiratório

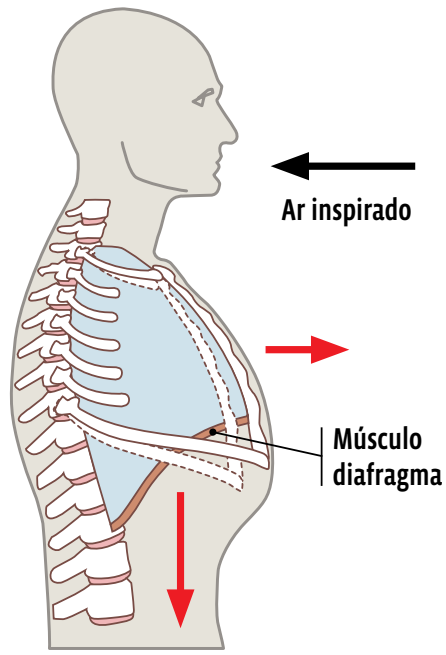
O sistema respiratório é intimamente ligado ao circulatório. É por esse sistema que o organismo é abastecido de oxigênio e dispensa o gás carbônico restante do metabolismo das células.

No ser humano, o sistema respiratório inclui um par de pulmões e os tratos respiratórios (os tubos pelos quais passa o ar). O sistema começa no **nariz**, passa pela **faringe** (garganta) e desce pela **traqueia**. A traqueia se divide em dois **brônquios**, que entram nos pulmões e se ramificam em **bronquíolos**. A superfície dos brônquios é revestida de pelos em eterno movimento, que lançam um muco que evita seu ressecamento. No fim dos bronquíolos, estão os **alvéolos** pulmonares, saquinhos revestidos de capilares, que fazem a oxigenação do sangue (**hematose**).

Cada pulmão tem em média 750 milhões de alvéolos. O ar nos alvéolos é constantemente renovado pela respiração, processo pelo qual se inflam com ar oxigenado (inspiração) e desinflam do ar cheio de gás carbônico e vapor-d'água (expiração). Esse movimento se dá pela ação de um músculo involuntário chamado **diafragma**, que separa o tórax do abdome.

A MECÂNICA DA RESPIRAÇÃO

A entrada e a saída de ar dos pulmões dependem da variação da pressão nos alvéolos pulmonares



INSPIRAÇÃO

1. O diafragma se contrai e abaixa. Ao mesmo tempo, as costelas se elevam. A caixa torácica se expande

2. Com mais espaço ao redor, os pulmões se distendem

3. Com o aumento no volume dos pulmões, a pressão interna cai. O ar é inalado com facilidade

EXPIRAÇÃO

1. O diafragma relaxa e sobe. As costelas abaixam. A caixa torácica diminui de tamanho

2. Espremidos, os pulmões se contraem

3. Com a redução de volume, a pressão dentro dos pulmões aumenta. O ar é empurrado de volta, pelas vias respiratórias, e exalado

[2]

FÔLEGO NOVO Os anfíbios, quando são girinos, têm brânquias

NOS OUTROS ANIMAIS Pulmões ocorrem em caramujos terrestres, alguns peixes, nos mamíferos, nas aves, nos répteis e também nos anfíbios na fase adulta. Artrópodes marinhos, peixes em geral, moluscos e anelídeos aquáticos respiram por **brânquias** – dobras de tecido rico em vasos, que trocam os gases com a água. Anfíbios podem ter brânquias apenas na fase de girinos (sapos e rãs) ou mantê-las pela vida toda (salamandra). Esses animais usam três tipos de sistema respiratório durante a vida: **brânquias, pulmões e pele.**

Insetos, quilópodes, diplópodes e aracnídeos são dotados de **traqueias** – dutos que saem da lateral do corpo e distribuem o ar por todo o organismo. Nos aracnídeos, como aranhas e escorpiões, as **filotraqueias** levam o oxigênio para o sangue. Nos demais invertebrados, as trocas de gases ocorrem por **difusão**, pela pele.

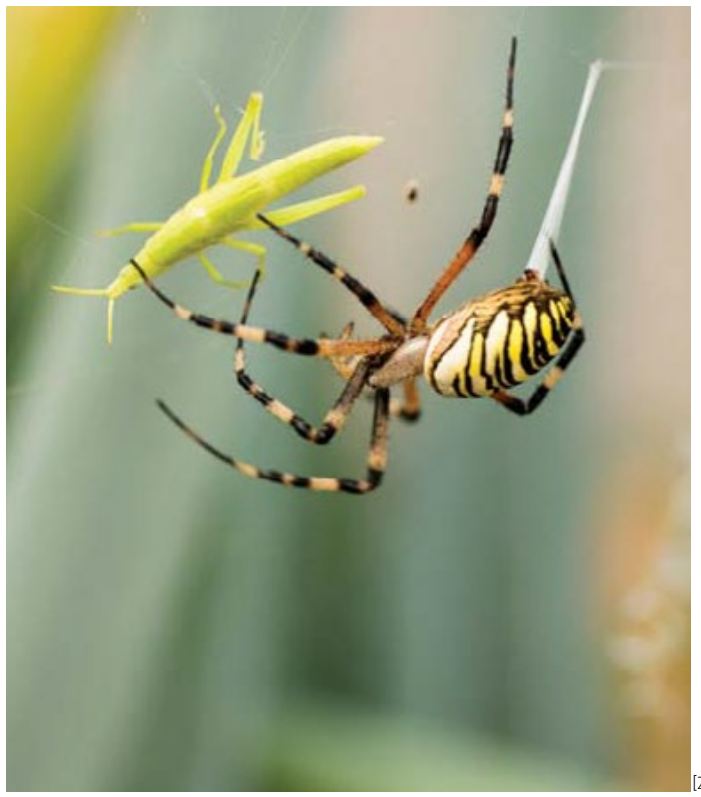
[1] ESTÚDIO PINGADO [2] DAVID ALLEN

Sistema digestório

A **saliva** carrega as enzimas amilases, de pH neutro ou alcalino, que digerem amido. No estômago agem as enzimas proteases, de pH ácido, que digerem proteínas. E os lipídios (gorduras) são digeridos pelas lípases, de pH ligeiramente alcalino, no intestino delgado.

No ser humano, como na maioria dos animais, a digestão se dá por meio de um sistema que começa na boca. Os dentes trituram o alimento e a **saliva** quebra alguns compostos. O bolo alimentar desce pela faringe e pelo esôfago até o estômago e, depois de duas a quatro horas, prossegue pelo duodeno até os intestinos. É ali, nos intestinos, que ocorre a transferência dos nutrientes dos alimentos para o sangue (*veja o infográfico abaixo*).

A digestão envolve outros órgãos. Quando a massa alimentar chega ao duodeno, é chamada de **quimo.** Nessa etapa, o pâncreas libera o suco pancreático, e o fígado, a bile. O suco pancreático contém enzimas que fazem a digestão de açúcares, peptídeos, gorduras e ácidos nucleicos. Os sais da bile auxiliam na digestão das gorduras. Associados ao suco entérico, liberado pelo intestino, o quimo transforma-se num monte de moléculas prontas para ser absorvidas – **o quilo**.



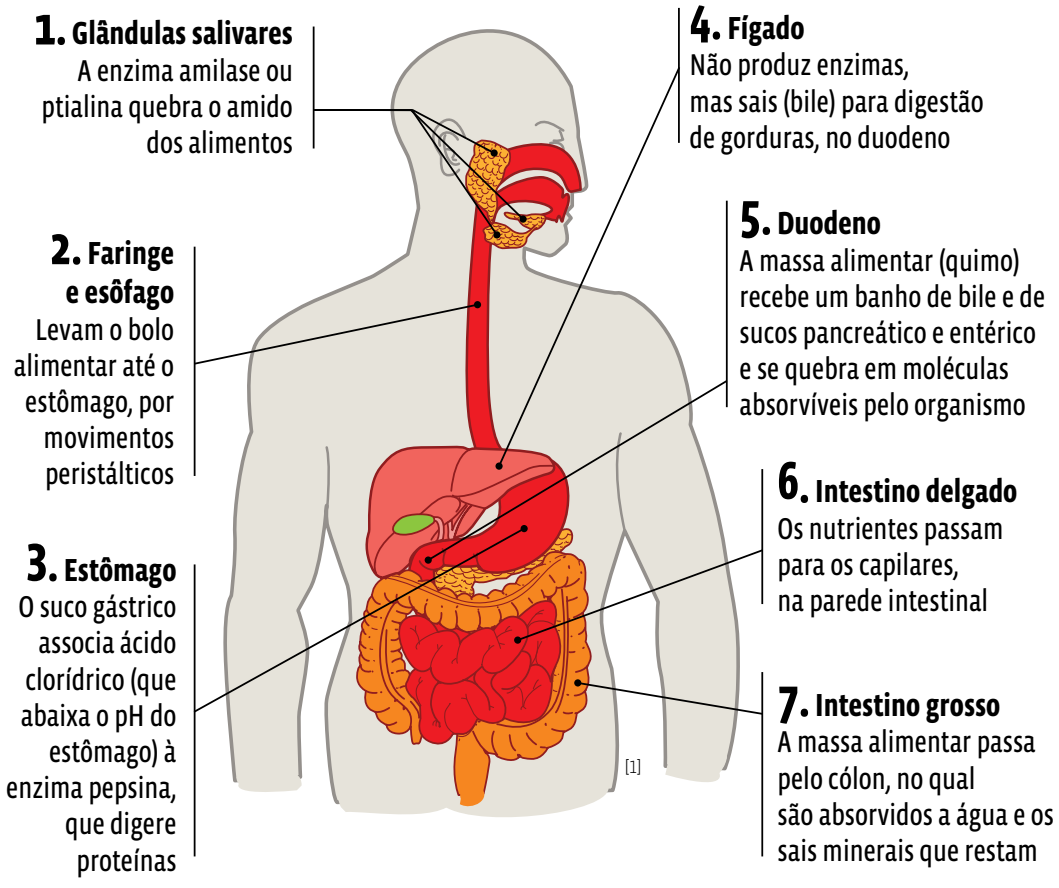
[2]

APERITIVO Aranha injeta na presa suco gástrico antes de comê-la

NOS OUTROS ANIMAIS Todos os animais são heterótrofos – obtêm alimento do meio externo. Então, todos os animais têm sistema digestório, certo? Errado. **Digestão** é o processo de retirada de nutrientes dos alimentos conseguidos no ambiente para obter material para construir novos tecidos e energia para manter o organismo funcionando. Mas esse processo não exige um sistema complexo.

ROTEIRO DA DIGESTÃO

O processo começa na boca, mas a maior parte ocorre no intestino delgado



[1]

O sistema digestório do homem existe porque nossa digestão é extracelular, como na maioria dos animais. Nesse caso, o intestino cuida de partir os alimentos em moléculas, que são levadas pelo sangue às células, para aproveitamento imediato. Mas alguns animais fazem digestão intracelular: as próprias células absorvem partículas brutas do exterior, que são digeridas por enzimas nos lisossomos. Esse tipo de digestão é realizado pelos unicelulares e poríferos.

Também existe um processo híbrido, próprio das medusas, das anêmonas, dos vermes platelmintos e de alguns moluscos. Esses animais quebram o alimento em pedaços pequenos o suficiente para ser fagocitados e digeridos pelas células.

Outros animais, como aranhas e moscas, injetam seu suco digestivo nas presas, que começam a se decompor antes mesmo de ser engolidas. Os nutrientes são, depois, absorvidos como uma papinha. As estrelas-do-mar são mais radicais ainda: para comerem uma ostra, elas põem o estômago para fora, jogam o suco gástrico sobre o molusco e digerem a presa servida em sua concha.

Sistema excretor

É o **sistema urinário,** que filtra o sangue, produz e excreta a urina. Sua função é eliminar do sangue substâncias tóxicas produzidas pelo metabolismo das células, como excretas nitrogenados. Nos vertebrados, essa filtragem se dá num processo bastante complexo, em estruturas microscópicas dos rins, os **néfrons** (*veja na pág. ao lado*).

Durante a filtragem, várias substâncias úteis ao organismo são eliminadas numa fase inicial,

mas depois retornam ao sangue. O mesmo acontece com a água. A quantidade de água devolvida é controlada pelo hormônio antidiurético (ADH), produzido na glândula hipófise. Beber álcool limita a ação desse hormônio, por isso quem toma cerveja vai ao banheiro frequentemente.

A urina pronta segue pelo ureter até a bexiga. Quando está cheia, a bexiga libera sua carga abrindo um esfíncter que vai dar na uretra, que tem outro músculo que permite evitar por um tempo a saída de urina.

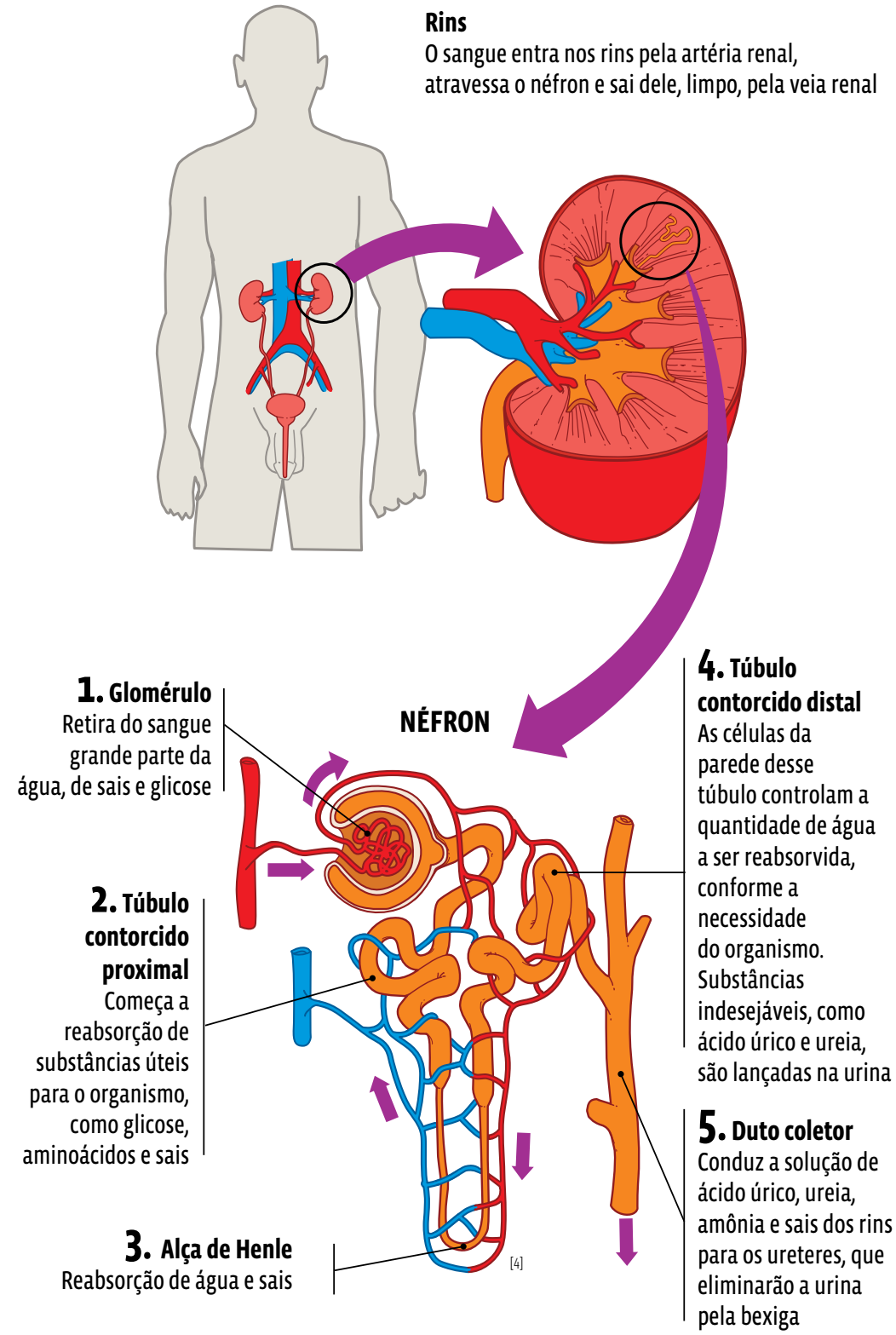
NOS OUTROS ANIMAIS Nem todos os animais excretam os mesmos compostos químicos. A amônia é um composto muito tóxico, solúvel em água. Então, ao excretá-la, os animais podem perder muito líquido. Para reduzirem essa perda de água, insetos, aves e répteis excretam ácido úrico pouco solúvel e pouco tóxico. Já mamíferos, peixes cartilaginosos e anfíbios excretam ureia, enquanto peixes ósseos e invertebrados aquáticos excretam diretamente amônia.

[3]

XIXI SECO **Aves liberam ácido úrico pouco solúvel**

PODEROSO FILTRO ORGÂNICO

Os néfrons retiram do sangue substâncias tóxicas



[4]

Sistema nervoso

A função primordial do sistema nervoso é promover a **interação do organismo com o ambiente** ao redor, captando estímulos e fazendo o corpo responder a eles. Tanto é que esse sistema é derivado do ectoderme, o tecido mais externo que envolve o embrião. É do sistema nervoso que dependem os sentidos e nossas emoções. É ele, também, que controla as funções orgânicas.

Os vertebrados têm dois sistemas nervosos. O **sistema nervoso central** parte do cérebro e segue pela medula espinhal, estendendo-se pelo corpo todo pelo sistema nervoso periférico, os nervos. O outro sistema nervoso dos vertebrados é o **sistema autônomo**, que controla funções como a digestão, os batimentos cardíacos e as glândulas. Não está ligado diretamente ao cérebro, mas é controlado por ele por meio dos **hormônios**. Por isso, o sistema autônomo é relacionado ao sistema endócrino (*veja na pág. 82*).

Direta ou indiretamente, o cérebro é o centro de comando de tudo o que acontece no organismo humano. E a evolução nos dotou – assim como todos os demais mamíferos – de um cérebro bastante sofisticado, com o **neocórtex**, ou **massa cinzenta**, a parte "que pensa". Cheio de reentrâncias, o neocórtex ocupa a parte exterior

◄ O **sistema autônomo** é dividido entre simpático e parassimpático. O sistema simpático prepara o corpo para fugir ou lutar. O parassimpático tem a ver com relaxamento: reduz os batimentos cardíacos e dilata os vasos sanguíneos, por exemplo.

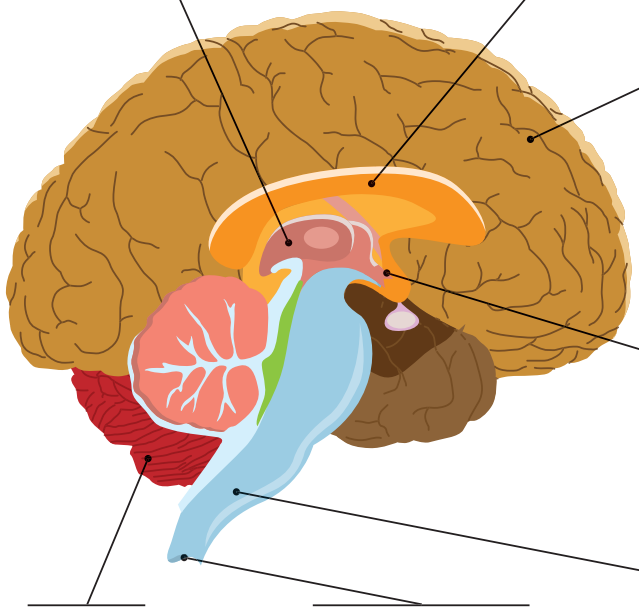
[1][4] ESTÚDIO PINGADO [2] [3] ISTOCK

QUEM MANDA É ELE

O cérebro humano recebe informações de todo o corpo por meio de uma extensa rede de neurônios

Tálamo
Coordena informações dos sentidos e dos movimentos, regula o sono e a vigília

Corpo caloso
Faz a conexão entre os dois hemisférios do cérebro, que trabalham em conjunto



Neocórtex
Camada superficial, cheia de dobras que aumentam a área externa do cérebro e permitem acolher grande número de neurônios

Hipotálamo
Controla o balanço hídrico do organismo e funções instintivas, como medo, agressão e desejo sexual, por meio da glândula hipófise

Bulbo
Ligado à medula, é responsável pelas funções autônomas vitais, como batimentos cardíacos e movimentos peristálticos do sistema digestório

Cerebelo
Coordena as funções motoras

Medula espinhal
Feixe de neurônios que desce do cérebro para o restante do corpo

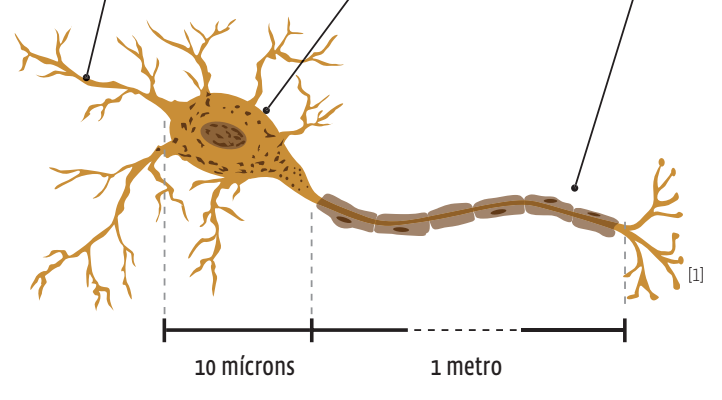
NEURÔNIOS

As células nervosas trabalham em equipe: comunicam umas às outras informações sobre o organismo ou o ambiente, por meio de neurotransmissores

Dendritos
Prolongamentos em ramos, que conduzem informações ao corpo celular

Corpo celular
É a parte principal da célula, com o núcleo e as organelas no citoplasma

Axônio
Perna mais longa do neurônio, que transmite as informações do corpo celular para outras células



A figura de neurônio acima não está desenhada em escala. Isso seria impossível. Se a escala fosse mantida, o axônio não caberia nesta página: teria 1,5 quilômetro de comprimento

do cérebro, próxima à superfície. Essas dobras aumentam a superfície. Assim, mais neurônios podem se acomodar nessa região. Isso foi importante para o desenvolvimento de habilidades cognitivas no ser humano. Entre os primatas, o *Homo sapiens* apresenta o neocórtex especialmente desenvolvido (*veja o infográfico acima*).

O restante do cérebro é o **sistema límbico**, responsável pelas reações instintivas, como as relacionadas à satisfação da fome, da sede ou do desejo sexual.

NOS OUTROS ANIMAIS Existem diversos outros modelos de sistema nervoso, além do dos vertebrados. Nos invertebrados, o sistema nervoso é ganglionar. Nele, as estruturas principais são os **gânglios**. O maior, que fica na cabeça, é o gânglio cerebral, que processa estímulos dos sentidos e toma as decisões. Mas cada um dos diversos gânglios menores, localizados nas ramificações dos nervos ventrais, tem certa autonomia, como se fossem pequenos cérebros controlando os membros. É por isso que, quando um polvo tem um tentáculo arrancado, o membro decepado continua a reagir sozinho, por algum tempo. Celenterados, como medusas e pólipos, apresentam um sistema nervoso difuso, com os neurônios formando uma rede. Já as esponjas não têm sistema nervoso algum, e os equinodermos possuem apenas um anel nervoso e nervos radiais. Todos os demais invertebrados têm sistema nervoso formado por um órgão central, o gânglio cerebral, e ao menos um nervo principal, que parte desse órgão central e se ramifica pelo corpo.

Sistema endócrino

É o sistema de **glândulas**, que produzem substâncias úteis ao organismo e, em parceria com o sistema nervoso, regulam o funcionamento de outros órgãos. Ao receber informações, o cérebro, em reação, ordena às glândulas que produzam esta ou aquela substância.

Os vertebrados têm dois tipos de glândula: as **endócrinas**, que produzem **hormônios**, que são lançados diretamente na corrente sanguínea, e as **exócrinas**, que lançam seu produto em dutos da cavidade intestinal ou para o exterior, pela pele. São glândulas exócrinas as glândulas sebáceas (na pele) e as glândulas salivares (no sistema digestório). O pâncreas, que produz tanto parte do suco digestivo quanto a insulina, é uma glândula ao mesmo tempo endócrina e exócrina.

A principal glândula é a **hipófise**, ou glândula pituitária. Controlada pelo hipotálamo, no cérebro, a hipófise faz a ponte entre o sistema nervoso central e as outras glândulas porque produz

[2]

METAMORFOSE Hormônios definem as fases de uma borboleta

hormônios tróficos, que emitem ordens para outras glândulas. É a hipófise que cria, por exemplo, o hormônio tireotrófico (TSH), que comanda a tireoide, o adrenocorticotrófico (ADSH), que controla as glândulas suprarrenais, o luteinizante (LH), que comanda a ovulação, nas mulheres, e o folículo estimulante (FSH). A hipófise é responsável, também, pelo hormônio do crescimento (GH), cuja falta ou excesso provoca nanismo ou gigantismo. Veja no infográfico ao lado algumas das principais glândulas do corpo humano.

NOS OUTROS ANIMAIS Entre os invertebrados, o sistema hormonal mais evoluído é o dos artrópodes. Entre estes, os crustáceos têm diversas glândulas que produzem hormônios que controlam a muda e a reprodução. Nos insetos, o sistema endócrino responde pela metamorfose da larva em animal adulto. Nos polvos, os movimentos de contração ou expansão das células da pele são induzidos por hormônios. Esses animais usam essa estratégia para alterar a cor e a textura de sua superfície e, assim, se camuflar ou ameaçar outro polvo.

Sistema reprodutor

É o conjunto de órgãos responsáveis pelos processos de reprodução. A vida reprodutiva de uma pessoa começa ainda no útero, por ação dos genes localizados no cromossomo Y, que diferenciam o sexo entre masculino e feminino (*veja mais sobre a genética da definição do sexo no capítulo 2*).

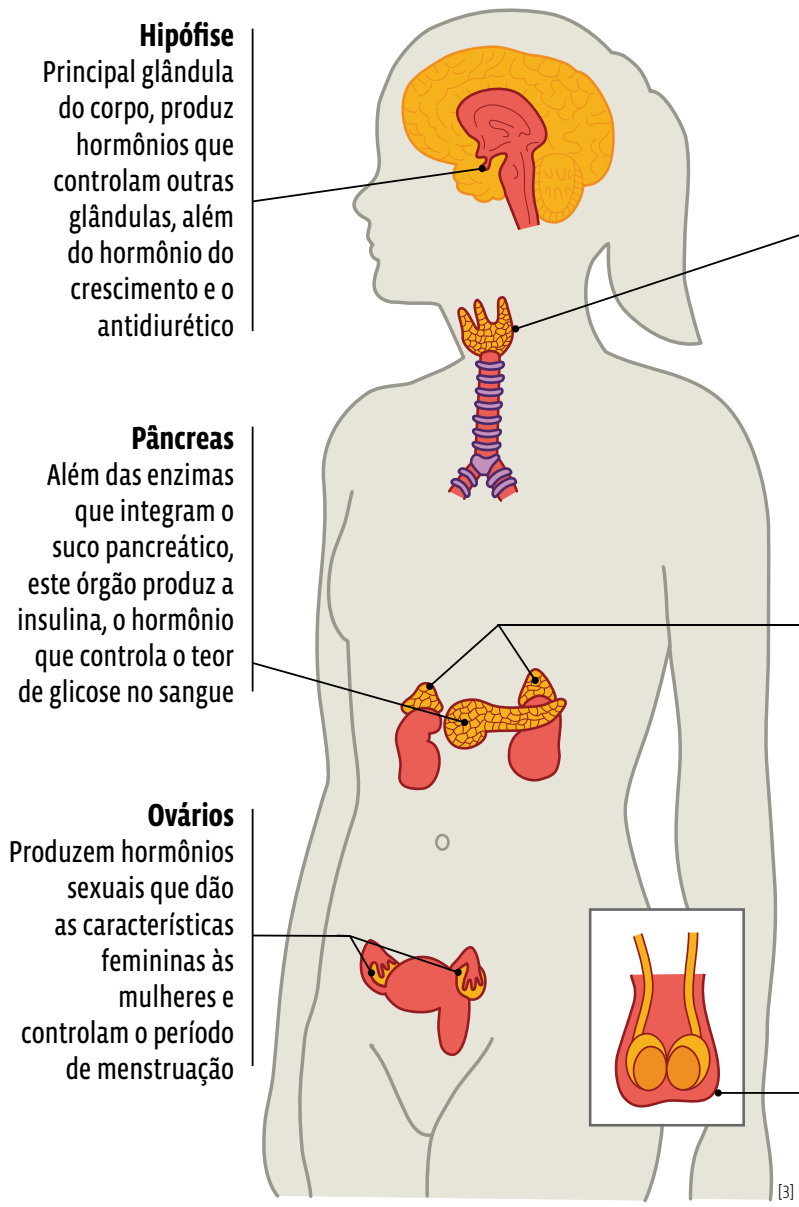
Na mulher, os ovários já começam a funcionar quando ela ainda é um feto, estimulados pelo hormônio gonadotrofina coriônica humana, que vem da placenta da mãe. E as estruturas que criam os óvulos já estão formadas quando ela nasce. O número de óvulos é limitado, e a vida reprodutiva da mulher acaba na menopausa, entre os 35 e os 50 anos de idade. Nos homens, os espermatozoides amadurecem nos testículos, nos túbulos seminíferos. A produção começa só na adolescência e não termina nunca (*veja as estruturas do sistema reprodutor masculino e feminino na pág. 84*).

Na adolescência, dois hormônios da hipófise determinam as mudanças no corpo que diferenciam homens de mulheres. O FSH, ou folículo-estimulante, e o LH, ou luteinizante, deflagram a produção de testosterona nos testículos e a de estrogênio nos ovários. Esses hormônios desencadeiam as mudanças no corpo típicas da idade: nos garotos, o pênis aumenta de tamanho, a voz engrossa, os músculos se desenvolvem e crescem pelos no rosto e no corpo.

Nas garotas, os quadris se alargam, crescem os pelos e a gordura corporal se redistribui, dando ao corpo o formato de violão, típico das mulheres. Acontece então, nelas, a primeira ovulação,

FÁBRICAS DE HORMÔNIOS

As glândulas endócrinas produzem substâncias que regulam outros órgãos



[3]

seguida da primeira menstruação, denominada menarca. No começo do ciclo menstrual, por ação do FSH da hipófise, um folículo imaturo se desenvolve e libera seu óvulo. Enquanto isso, os ovários liberam estrogênio, hormônio que faz a parede interna do útero criar o **endométrio** para receber um óvulo fecundado. Quando o folículo libera o óvulo, por volta do 14º dia do ciclo, ele se torna sensível ao LH da hipófise e libera progesterona, hormônio que também estimula a finalização do endométrio. Ao atingirem a hipófise, esses hormônios fazem diminuir a produção de FSH e LH (*veja os gráficos no pé desta pág.*).

O óvulo liberado segue pelas tubas uterinas. Se houver uma relação sexual sem proteção, o óvulo pode ser fecundado. O ovo se fixa ao útero e começa a gravidez. A placenta emite um hormônio chamado HCG, que é eliminado pela urina e usado em testes de gravidez. Sem gravidez, o folículo se atrofia, formando o corpo branco, que não emite mais hormônios. O endométrio se desfaz e sai pela vagina como menstruação. A hipófise volta a produzir FSH, e outro ciclo se inicia.

NOS OUTROS ANIMAIS Entre os vertebrados, a reprodução varia conforme a classe. Aves, répteis, anfíbios e peixes cartilaginosos são dotados de cloaca – uma única abertura que serve tanto ao canal intestinal quanto aos sistemas excretor e reprodutor. Já os mamíferos têm útero e placenta, para abrigar o ovo durante o desenvolvimento embrionário.

Entre os invertebrados, a maioria das esponjas é hermafrodita e ainda se reproduz assexuadamente. Os cnidários também apresentam os dois tipos de reprodução – assexuada e sexuada. Já os artrópodes, de sexo diferenciado, têm dois sistemas de fecundação: interna para os animais terrestres e externa para as espécies aquáticas.

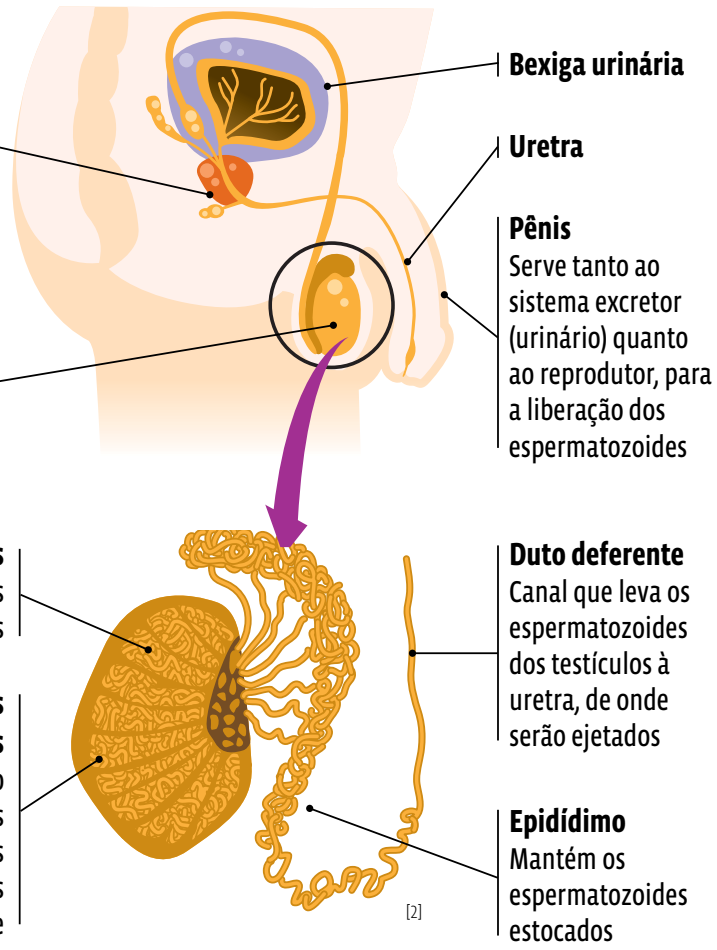
[1]

CRIME PASSIONAL O gafanhoto fêmea acasala e come o parceiro

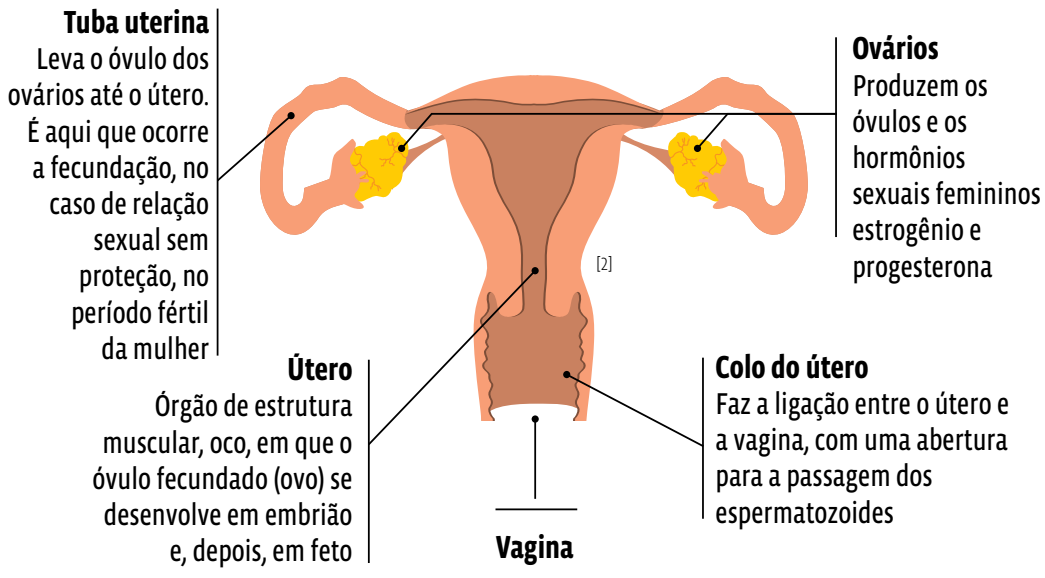
MENINOS E MENINAS

As principais diferenças do sistema reprodutor deles e delas

SISTEMA REPRODUTOR MASCULINO

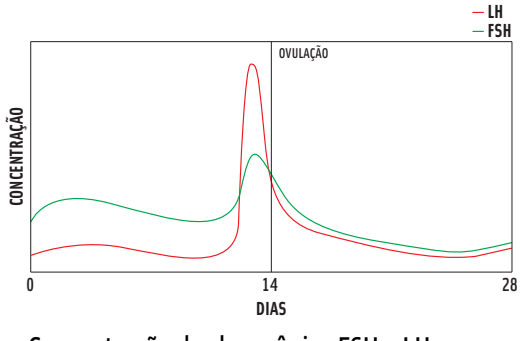


SISTEMA REPRODUTOR FEMININO

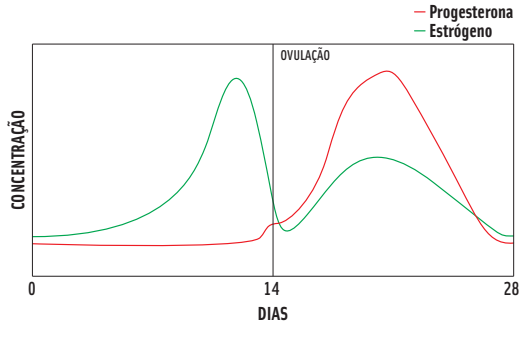


O sobe e desce hormonal

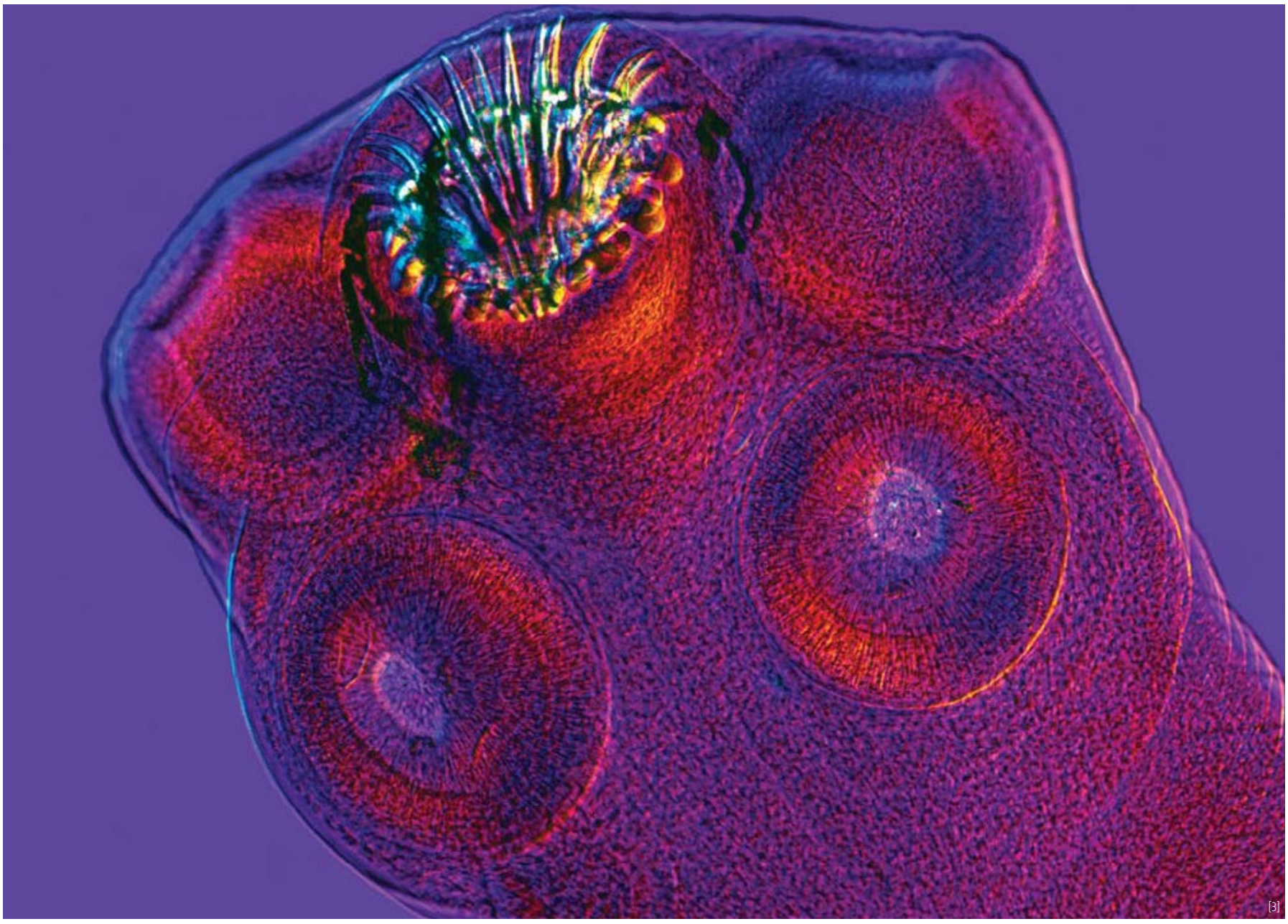
A concentração de hormônios varia durante o ciclo menstrual e define o período fértil na mulher



Concentração dos hormônios FSH e LH no sangue durante o ciclo menstrual



Concentração sanguínea de estrógeno e progesterona durante o ciclo menstrual



[3]

PARECE UM ALIENÍGENA, MAS NÃO É A cabeça de uma tênia, parasita de suínos que se hospeda no organismo humano, causando teníase ou cisticercose

Hóspedes que causam doenças

O **parasita** que causa uma doença é chamado de agente etiológico ou agente infectante. ►

Parasitismo é a relação entre seres vivos de diferentes espécies em que um deles (o parasita) se beneficia de outro (o hospedeiro), prejudicando este último. Existem **parasitas** tanto no reino vegetal (*veja no capítulo 6*) quanto no dos fungos, das bactérias, dos protistas e dos animais. Entre os invertebrados, os parasitas podem ser artrópodes, como pulgas, ácaros e piolhos; anelídeos, como sanguessugas; e vermes, como solitárias e lombrigas. Entre os vertebrados, são exemplos de parasitas os morcegos-vampiros e as lampreias.

Ciclo de vida, ou **ciclo evolutivo de um parasita**, é o conjunto de transformações por que passa o organismo, dentro de um ou mais hospedeiros, até se transformar em adulto. ►

O corpo humano pode oferecer uma hospedagem confortável a vários parasitas causadores de doenças (parasitoses). Alguns parasitas habitam apenas o organismo do homem. Outros passam nele apenas parte de seu **ciclo de vida**, ocupando também outro organismo ou transferindo-se para o meio ambiente. Seja como for, a ocorrência de parasitoses está, muitas vezes, relacionada às más condições de saneamento e à falta de informação. Daí a maior incidência de parasitoses em populações mais pobres. As parasitoses humanas podem ser divididas entre verminoses, viroses, protozooses e bacterioses.

Verminoses

As doenças causadas por vermes, na maioria das vezes, dependem do contato, direto ou indireto, com fezes contaminadas por **vermes** – invertebrados de corpo mole, comprido, sem esqueleto nem apêndices (patas, asas ou antenas). Os principais vermes que parasitam o homem são **platelmintos** e os **nematelmintos**. Algumas das principais verminoses são:

➔ As **tênias**: a *Taenia solium*, que tem os porcos como hospedeiro intermediário, e a *Taenia saginata*, que se hospeda em bovinos. São platelmintos hermafroditas, que se reproduzem

[1] iSTOCK [2] ESTÚDIO PINGADO [3] MICHAEL J. KLEIN, M.D./SCIENCE PHOTO LIBRARY

sexuadamente. Se um parasita adulto se reproduz no intestino de uma pessoa, seus ovos saem nas fezes humanas e podem dar início ao ciclo da tênia, que passará por um porco ou um boi (*veja o infográfico abaixo*). O contágio pela tênia adulta transforma a pessoa num hospedeiro definitivo e ela desenvolve a doença chamada **teníase**. A profilaxia (prevenção) para a teníase é evitar carne suína ou bovina malpassada. A contaminação com os ovos é mais séria: ingeridos em vegetais ou água, os ovos liberam as larvas, que fazem do corpo do homem um hospedeiro intermediário. As larvas podem se instalar em diferentes partes do organismo, levando em alguns casos até a morte. Essa doença é a **cisticercose**.

O *Schistosoma mansoni* causa a **esquistossomose**. Esse platelminto precisa de um caramujo aquático como hospedeiro intermediário. Liberados na água em fezes de uma pessoa contaminada, os ovos do **esquistossoma** eclodem e liberam larvas chamadas **miracídios**, que contaminam o caramujo. Dentro do caramujo, os miracídios se reproduzem assexuadamente em milhares de larvas contaminantes, as **cercárias**, que voltam à água e nadam até encontrar outro organismo humano, no qual penetram através da pele. As larvas nadam pelo sangue e terminam nas veias intestinais, nas quais um casal bota até 300 ovos por dia. Esses ovos podem seguir para o intestino, e daí contaminar o ambiente, novamente, pelas fezes. Mas acontece, também, de se instalarem no fígado, o que pode levar à morte. Essa é a doença popularmente conhecida como **barriga-d'água**. O combate a esse mal depende da eliminação do hospedeiro intermediário – o caramujo –, o que exige, fundamentalmente, o tratamento da água e do esgoto.

O nematelminto *Ascaris lumbricoides*, a **lombriga**, causa a **ascaridíase**. Esse verme não precisa de hospedeiro intermediário. Passa direto de uma pessoa para outra, num ciclo que também envolve a contaminação da água e do solo (*veja o infográfico abaixo*). As lombrigas alimentam-se do bolo alimentar e, quando em grande quantidade, podem causar desnutrição ou até obstruir o intestino.

Viroses

A maioria das viroses é transmitida pelo contato com secreções da pessoa contaminada. Mas vírus podem ser transmitidos também pela água contaminada (caso das hepatites A e B). O vírus da raiva se transmite pela mordida de animais doentes. Duas das principais viroses são:

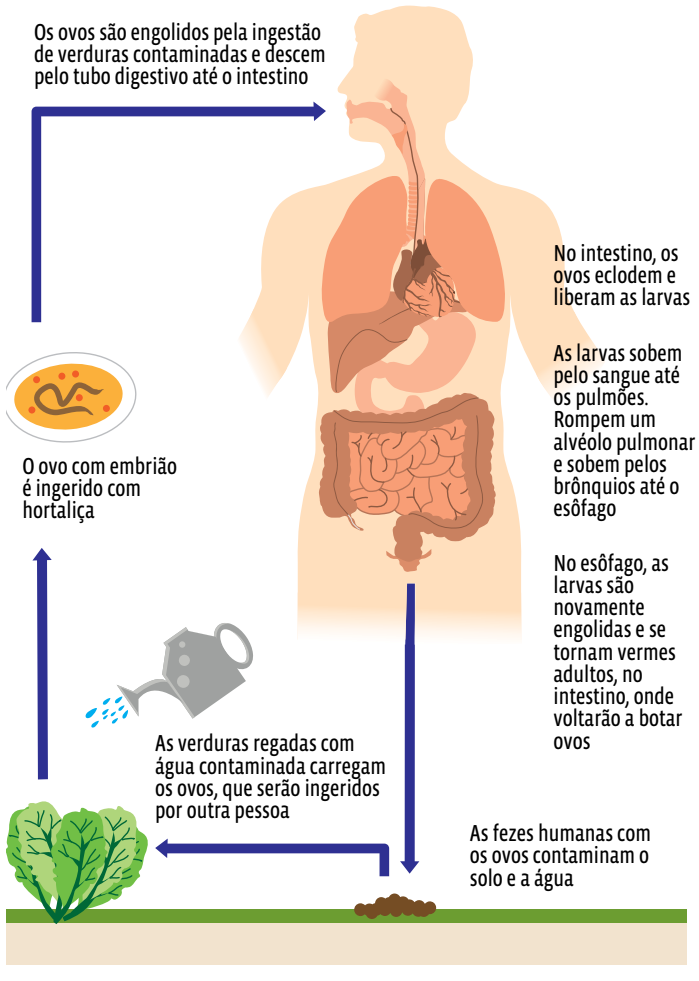
SAIBA MAIS

HOSPEDEIRO DEFINITIVO

É aquele que abriga um parasita que faz, dentro dele, a reprodução sexuada. Quando o parasita só passa pelo corpo de um animal e se multiplica assexuadamente, ou quando apenas se transforma, diz-se que o hospedeiro é intermediário. O hospedeiro intermediário que transmite doença a outro organismo é chamado vetor.

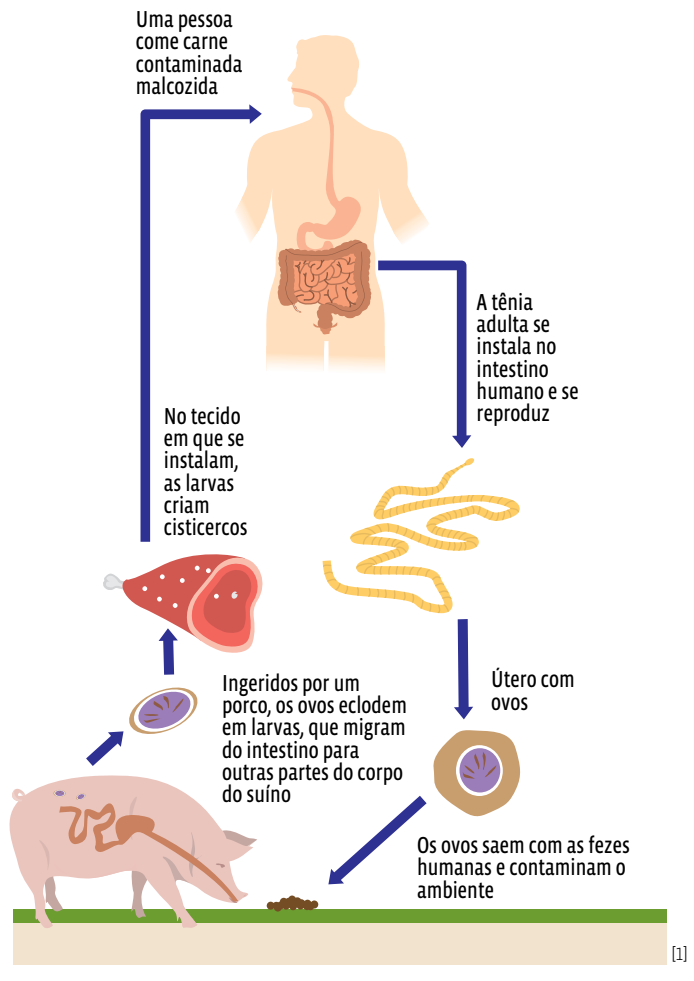
DE HOMEM PARA HOMEM

A lombriga completa todo o seu ciclo de vida sem nenhum hospedeiro intermediário



O CICLO DA TÊNIA

Como o verme transforma o homem em hospedeiro definitivo e desenvolve nele a teníase



[1]

A **aids** (síndrome da imunodeficiência adquirida) é uma doença sexualmente transmissível (DST), contraída pela contaminação com o HIV. O vírus infecta os glóbulos brancos, comprometendo o sistema imunológico. O doente morre não por causa do parasita, mas em razão de infecções oportunistas, como pneumonia. O vírus se transmite por contato sexual, transfusão de sangue ou da mãe para o bebê e pode permanecer silencioso por anos – o que aumenta o risco de transmissão. As campanhas educativas, o uso de preservativos e os avanços nos medicamentos têm reduzido a incidência de aids no mundo. Ainda assim, essa é uma doença crônica, sem cura e que mata.

A **dengue** (como a febre amarela) é transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti* infectado com um vírus da família *Flaviviridae*, contraído de um ser humano. A transmissão aos humanos se dá pela picada da fêmea do mosquito. Os sintomas – dor de cabeça e nos músculos, náuseas e febre – passam em uma semana, mas a doença tem algumas formas malignas. A dengue hemorrágica provoca a redução na quantidade de plaquetas no sangue e pode causar a morte por hemorragia interna. Os pacientes com dengue devem evitar remédios baseados em ácido acetilsalicílico (a substância pode aumentar as hemorragias). Não existe vacina. O único modo de combate é reduzir o número de mosquitos, evitando o acúmulo de água parada.

Protozooses

São doenças causadas por organismos unicelulares pertencentes ao grupo dos protistas heterótrofos (protozoários).

A **malária** é causada por protozoários do gênero *Plasmodium*, transmitidos pela fêmea de mosquitos do gênero *Anopheles*, mais comuns em zonas rurais e regiões de clima quente e úmido. No Brasil, a maioria dos casos ocorre na região amazônica. O protozoário ataca as células do fígado, no qual se reproduz de maneira assexuada. A nova geração de protozoários invade a corrente sanguínea e volta a se reproduzir, destruindo lentamente as hemácias. Após vários ciclos, formam-se algumas células reprodutivas especializadas, capazes de infectar um pernilongo que pique a pessoa que hospeda o protozoário. Essas células se reproduzem sexuadamente no intestino do inseto e migram para as glândulas salivares, de onde podem invadir um novo hospedeiro humano, numa picada. A malária causada pelo *Plasmodium falciparum* pode levar ao choque circulatório, a desmaios, convulsões e até à morte.

[2]

PICADA PERIGOSA Mosquito ***Aedes aegypti*****, vetor da dengue**

A **leishmaniose** é causada por um protozoário flagelado do gênero *Leishmania* e transmitida pelo mosquito-palha (do gênero *Phlebotomus*). Normalmente, causa problemas sérios de pele. Uma variante da doença, a leishmaniose visceral (LV), demora vários anos para se desenvolver e pode atacar o fígado e o baço, levando até a morte. Uma das dificuldades de lidar com essa doença é que a *Leishmania* também afeta animais domésticos e silvestres.

A **doença de Chagas** é causada pelo protozoário flagelado *Trypanosoma cruzi*, que se instala no coração ou nos intestinos do hospedeiro. Após anos, os portadores do protozoário podem ter o coração comprometido e sofrer infarto. O contágio se dá por diversas espécies de barbeiro (insetos do gênero *Triatoma*), que vivem em frestas de paredes e de telhados e em montes de palha, nas zonas rurais. Os barbeiros transmitem o protozoário ao defecar enquanto sugam o sangue de uma pessoa durante o sono. Ao se coçar, a pessoa arrasta as fezes do inseto para a ferida.

Bacterioses

A **contaminação** por bactérias pode afetar diversas partes do corpo. Os exemplos incluem lepra (pele), botulismo (paralisia muscular), tuberculose (pulmões), meningite (meninges) e tétano (sistema nervoso). Algumas doenças bacterianas podem ser prevenidas por meio de vacina, e todas, no geral, combatidas com antibióticos. Uma das preocupações com o combate das bacterioses é o uso indiscriminado de antibióticos, que pode levar ao surgimento de variedades de bactérias resistentes. Não é raro surgir na imprensa notícias sobre "superbactérias", capazes de matar milhares de pessoas antes de serem identificadas e combatidas.

SAIBA MAIS

ÚNICA VERMINOSE QUE TEM VETOR

A elefantíase (filariose) é a única verminose transmitida por um mosquito, que inocula no corpo humano o verme *Wuchereria bancrofti*. Todas as outras parasitoses transmitidas por mosquitos são causadas por vírus (viroses) ou por protozoários (protozooses).

◀ A **contaminação** por bactérias pode se dar por vários caminhos. A do botulismo é transmitida por alimentos contaminados, a do tétano, por ferimentos profundos, e as bactérias causadoras da meningite e da lepra, por contato com secreções.

[1] MÁRIO KANNO/MULTISP [2] GENILTON JOSE VIEIRA

1. (PUCSP 2016) **Analise a tira de quadrinhos:**

Folha de S.Paulo, *22 abr. 2013*

Os pintinhos nascem molhados, devido principalmente ao material proveniente

a) do âmnio, que armazena excretas nitrogenados do embrião, e do alantoide, que previne dessecação e amortece choques mecânicos.
b) do âmnio, que previne dessecação do embrião e amortece choques mecânicos, e do alantoide, que armazena excretas nitrogenados.
c) do âmnio, que previne a dessecação do embrião, e do grande número de vilosidades coriônicas ricas em vasos sanguíneos.
d) do alantoide, que armazena excretas nitrogenados do embrião, e do grande número de vilosidades coriônicas ricas em vasos sanguíneos.

RESOLUÇÃO

O pintinho nasce molhado principalmente pelo líquido do âmnio, a bolsa que tem como função proteger o embrião contra choques e mantê-lo hidratado. Há também um pouco do conteúdo do alantoide, a estrutura que acumula os excretas nitrogenados do embrião.
Resposta: B

2. (UECE 2016) **Os animais de sangue quente, também denominados homeotérmicos, geralmente mantêm sua temperatura mais alta e constante do que a temperatura do ambiente no qual se encontram inseridos. Dentre as opções abaixo, assinale a que contém apenas animais para os quais essa adaptação é fundamental.**

a) Camaleão, sapo, pombo.
b) Baleia, gavião, jacaré.
c) Tubarão, galinha, rato.
d) Morcego, beija-flor, tatu.

RESOLUÇÃO

Apenas aves e mamíferos têm sangue quente. Na alternativa **a**, camaleão é réptil e sapo, anfíbio; na **b**, jacaré é réptil; na **c**, tubarão é peixe. Todos esses animais são heterotérmicos, ou seja, têm sangue frio.
Resposta: D

3. (UEG 2016) **O *Trypanosoma cruzi* é o protozoário causador da doença de Chagas. A relação entre a doença e o protozoário foi descoberta por Carlos Chagas ao investigar a presença do protozoário no sangue de indivíduos que moravam em casas infestadas por barbeiros. A principal forma de transmissão da doença é**

a) pela transfusão de sangue, seguida pela transmissão congênita e, menos frequentemente, pelo coito.
b) pelo vetor, seguida pela transmissão oral e, menos frequentemente, por transfusão de sangue.
c) pelo vetor, seguida pela transfusão de sangue e, menos frequentemente, por transplantes de órgãos.
d) pela transfusão de sangue, seguida pela transmissão sexual e contaminação acidental.

RESOLUÇÃO

A principal forma de transmissão da doença de Chagas é por meio das fezes do inseto barbeiro. O barbeiro pica o homem geralmente na região do rosto (daí o nome barbeiro) e ao mesmo tempo defeca. Os protozoários estão nas fezes e, como a picada provoca coceira, a pessoa acaba empurrando as fezes contaminadas para o local da picada, fazendo com que os tripanossomos entrem na corrente sanguínea. O parasita tende a se instalar no coração, provocando sintomas de doença cardíaca. Muitas vezes a pessoa não sabe que tem o protozoário em seu sangue, que ao ser doado transmite a doença a quem o receber. O mesmo pode acontecer em casos de transplante. O protozoário habita o sangue e o coração do hospedeiro, e por isso não é transmitido por contato via oral, nem por via sexual. A transmissão congênita pode acontecer, ou seja, o protozoário pode passar de mãe para o feto via placenta.
Resposta: C

4. (ENEM 2015) ***Euphorbia mili* é uma planta ornamental amplamente disseminada no Brasil e conhecida como coroa-de-cristo. O estudo químico do látex dessa espécie forneceu o mais potente produto natural moluscicida, a miliamina L.**

MOREIRA. C. P. s.; ZANI. C. L.; ALVES, T. M. A. Atividade moluscicida do látex de Synadenium carinatum boiss. (Euphorbiaceae) sobre Biomphalaria glabrata e isolamento do constituinte majoritário. Revista Eletrônica de Farmácia. *n. 3. 2010 (adaptado).*

O uso desse látex em água infestada por hospedeiros intermediários tem potencial para atuar no controle da

a) dengue.
b) malária.
c) elefantíase.
d) ascaridíase.
e) esquistossomose.

RESPOSTA

Antes de mais nada, você deve ter vocabulário para compreender o enunciado. Moluscicida é qualquer substância capaz de matar moluscos. De todas as doenças listadas no enunciado, apenas a esquistossomose tem omo hospedeiro intermediário um molusco. Detalhando o ciclo da verminose esquistossomose: é uma doença parasitária humana, causada pelo verme platielminte *Schistossoma mansoni*, cujo hospedeiro intermediário é o caramujo *Biomphalaria*, que vive em água doce. O

verme, no seu estágio larval miracídeo, penetra no caramujo. Dentro desse hospedeiro, o miracídeo se desenvolve em outra fase larval, chamada cercária. A cercária deixa o caramujo e permanece na água, infestando qualquer pessoa pela pele instalando-se no fígado, onde se desenvolve num verme adulto. Quando defeca, a pessoa infestada elimina ovos do verme. Esses ovos, por sua vez, liberam novos miracídeos, e recomeça o ciclo. Com a eliminação do caramujo, o ciclo do verme não se completa.
Resposta: E

5. (UFRR 2016) **Durante a reprodução nos humanos, a união dos gametas masculino e feminino dá origem ao zigoto. O zigoto passa por uma série de mudanças que darão origem ao ser humano. Dentre as fases do desenvolvimento embrionário, o zigoto passa por um processo conhecido como clivagem, que consiste:**

a) na formação da notocorda;
b) em divisões meióticas do citoplasma do zigoto, com formação de inúmeras células menores chamadas de blastômeros;
c) em divisões mitóticas do citoplasma do zigoto, com formação de inúmeras células menores chamadas de blastômeros;
d) na formação dos órgãos;
e) na formação do saco vitelínico.

RESOLUÇÃO
Clivagem é a divisão do zigoto (a primeira célula de um animal, formada pela ainda na tuba uterina). O zigoto começa a se dividir por mitose formando células menores chamadas blastômeros. Esse processo ocorre com a finalidade de aumentar o numero de células para, em seguida, dar início ao desenvolvimento do embrião.
Resposta: C

6. (UEL 2016, adaptada) **A partir da fecundação do óvulo pelo espermatozoide, o organismo se desenvolve ficando cada vez mais complexo, isto é, de uma única célula chega-se à fase adulta com trilhões delas, especializadas para determinadas funções. Nos animais triblásticos, os folhetos germinativos ectoderme, mesoderme e endoderme dão origem aos tecidos, órgãos e sistemas diferenciados nas funções fisiológicas do organismo. Com base nessas considerações e nos conhecimentos sobre a organogênese, assinale a alternativa que apresenta, correta e respectivamente, as estruturas originadas a partir da diferenciação da ectoderme, mesoderme e endoderme.**

a) Epiderme, tecido gástrico e aparelho genital.
b) Epitélio do tubo digestivo, tecido ósseo e cérebro.
c) Tecido conjuntivo, aparelho urinário e endotélio.
d) Tecido nervoso, músculos estriados e pulmões.
e) Tecido hematopoiético, tireoide e hipoderme.

RESOLUÇÃO
Nos animais que apresentam os três folhetos germinativos, a ectoderme (folheto mais externo) dá origem à epiderme e ao sistema nervoso; a mesoderme (folheto intermediário) cria a derme, os ossos, músculos e sistemas excretor e reprodutor; e a endoderme (folheto interno) origina o sistema digestório, pâncreas, fígado e pulmão.
Resposta: D

RESUMO

Biologia animal

FILOGENIA É a classificação dos seres vivos segundo suas características: unicelulares ou pluricelulares, células procarióticas ou eucarióticas, e forma de nutrição (autótrofos ou heterótrofos). Há cinco reinos: **Monera**, **Protista**, dos **Fungos**, **Vegetais** e **Animais**, cada um deles englobando uma série de filos, classes, ordens, gêneros e espécies. Pertencem a uma mesma espécie de organismos muito semelhantes e, principalmente, que conseguem se reproduzir e gerar descendentes férteis. Anfíbios, répteis, aves e mamíferos fazem parte da superclasse dos **tetrápodes**. Eles também não têm fendas branquiais na região da faringe.

CORDADOS E INVERTEBRADOS Cordados são animais que apresentam, em alguma etapa da vida, **notocorda**, **cordão neural dorsal** e **fendas branquiais** na faringe. Invertebrado é todo animal que não é cordado: não tem coluna vertebral, fenda branquial nem órgão nervoso central. Seu sistema nervoso é ganglionar.

VERTEBRADOS Nos vertebrados, a notocorda dá lugar à coluna vertebral. Aves e mamíferos são endotérmicos (homeotérmicos); anfíbios, peixes e répteis são ectotérmicos (pecilotérmicos). Vertebrados podem ser ovovivíparos, ovíparos ou vivíparos. Nos ovíparos, os ovos têm anexos embrionários, que ajudam o embrião a se desenvolver longe do útero da mãe. Nos vivíparos (como nos mamíferos), os anexos se transformaram em estruturas de conexão com o útero materno.

SISTEMAS São conjuntos de órgãos que trabalham concomitantemente. Nos mamíferos (e no homem), os principais sistemas são: tegumentar (tecidos epiteliais e conjuntivos), de sustentação (músculos e esqueleto), circulatório (coração e vasos sanguíneos), respiratório (vias respiratórias e pulmões), nervoso (central e autônomo), digestório (boca, trato digestivo, estômago e intestinos), excretor (rins e vias urinárias), reprodutor e endócrino (glândulas). O sistema endócrino envolve-se no funcionamento de vários outros sistemas, como o reprodutor.

PARASITOSES Parasitismo é a relação entre seres vivos de diferentes espécies na qual um deles (o parasita) se beneficia de outro (**hospedeiro**), prejudicando-o. Os parasitas passam ao menos parte do ciclo de vida num organismo hospedeiro, que pode ser definitivo ou intermediário. As parasitoses são divididas em **verminoses**, causadas por vermes (como esquistossomose e teníase); **bacterioses**, causadas por bactérias (como botulismo e tuberculose); **viroses**, causadas por vírus como o HIV, que desencadeia a aids, e o *Influenz*a, da gripe; e **protozooses**, causadas por protozoários (como malária e doença de Chagas). Alguns parasitas são transmitidos por **vetores** – seres que carregam o microrganismo sem desenvolver a doença e o transferem ao homem. É o caso dos mosquitos transmissores da dengue.

5

BIOLOGIA VEGETAL

CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO

- *Metabolismo vegetal* 92
- *Relações hídricas* 96
- *Evolução das plantas* 98
- *Como cai na prova + Resumo* 102

Tudo combinado para controlar o clima

O acordo assinado em Paris, na COP-21, alinha todos os países no combate ao aquecimento global. Mas o aumento da temperatura já altera alguns biomas

Pela primeira vez, mais de duas décadas depois do início das negociações, os 195 países-membros da Organização das Nações Unidas (ONU) chegaram, no fim de 2015, a um consenso sobre a necessidade de medidas urgentes contra o aquecimento global. Na 21ª Conferência das Partes (COP-21), em Paris, todos se comprometeram a conter o aumento da temperatura média da Terra, ainda neste século, num patamar abaixo dos 2 graus Celsius em relação à temperatura do século XIX, no período anterior à Revolução Industrial. Para cumprir o dever de casa, as nações devem reduzir as emissões de gases do efeito estufa. Não há garantia de que as promessas serão cumpridas, mas dá um sinal de boa vontade de todas as partes. Ainda assim, há quem pense que o acordo chegou tarde demais.

O aquecimento global é fruto do aumento da concentração, na atmosfera, de gases do efeito estufa – principalmente dióxido de carbono – liberados na queima de combustíveis fósseis, como petróleo e seus derivados, e em desmatamentos. A previsão do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) é que, se nada for feito, entraremos nos anos 2100 com temperaturas médias até 3,7 graus mais altas, com diferentes efeitos em diferentes regiões do globo: secas em algumas e enchentes em outras.

O IPCC estima que as temperaturas no Ártico, por exemplo, devem subir muito acima da média global e atingir 7,5 graus Celsius até 2100, com consequências ambientais de alcance mundial. A elevação do nível dos mares é só uma das más notícias. Outra, menos divulgada, é a degradação do bioma tundra, no círculo polar. A vegetação típica da tundra se limita originalmente a musgos, ervas e arbustos anões. O solo congelado (chamado permafrost) impede o desenvolvimento de árvores maiores. Mas o aquecimento já favorece o surgimento de plantas mais altas. Isso desequilibra o balanço energético do ambiente, altera os nutrientes disponíveis no solo e interfere no ciclo da água, com consequências para todas as demais plantas e para a cadeia alimentar que delas dependem. Pior: o permafrost guarda um imenso estoque de carbono em organismos decompostos. Se derreter, todo esse carbono escapará para a atmosfera, agravando ainda mais o aquecimento global.

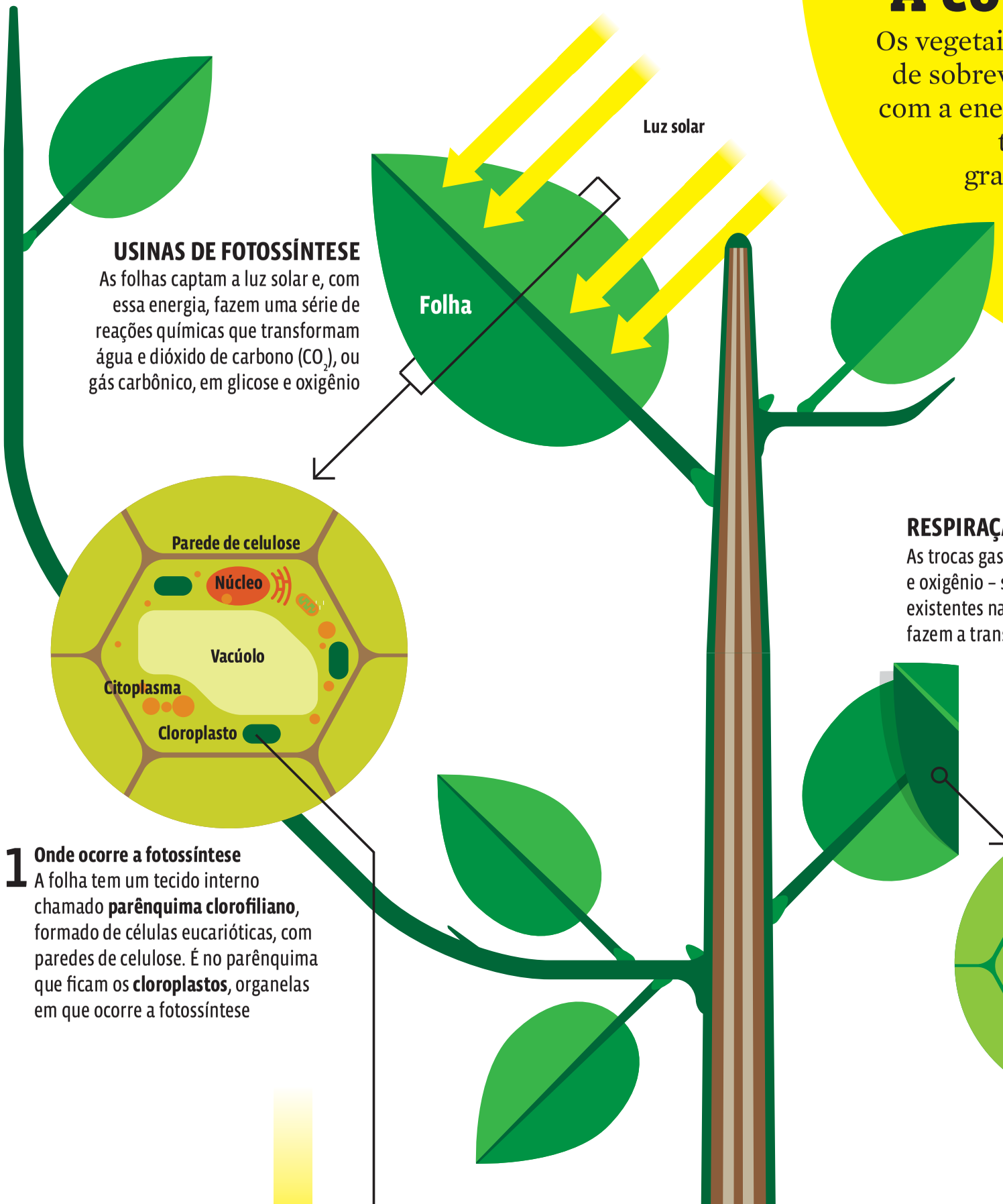
Neste capítulo você entende como os vegetais dependem das condições de luz, temperatura, solo e umidade para se desenvolver.

A TUNDRA AMEAÇADA
Bioma típico dos círculos polares, a tundra, caracterizada pela vegetação rasteira, musgos e liquens, começa a abrigar arbustos mais altos, que crescem devido ao calor

iSTOCK

A complexidade do verde

Os vegetais têm um dos mais sofisticados equipamentos de sobrevivência. Eles processam água e gás carbônico com a energia solar para produzir o próprio alimento. E têm um sistema circulatório que vence a força gravitacional para levar seiva às folhas mais altas



USINAS DE FOTOSSÍNTESE

As folhas captam a luz solar e, com essa energia, fazem uma série de reações químicas que transformam água e dióxido de carbono (CO_2), ou gás carbônico, em glicose e oxigênio

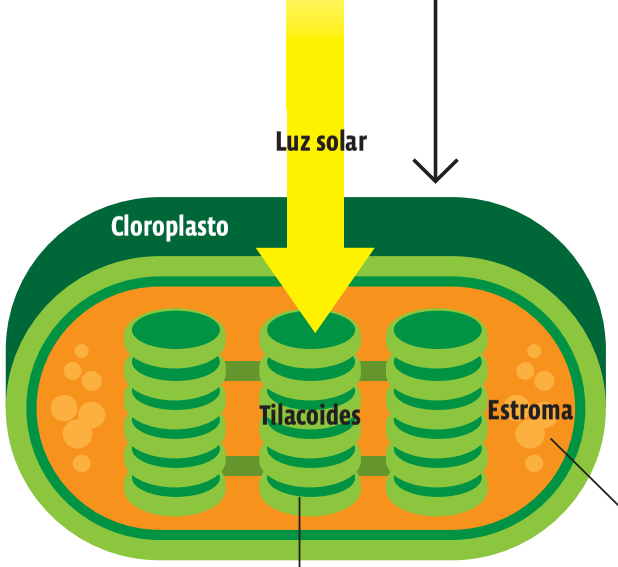
1 Onde ocorre a fotossíntese
A folha tem um tecido interno chamado **parênquima clorofiliano**, formado de células eucarióticas, com paredes de celulose. É no parênquima que ficam os **cloroplastos**, organelas em que ocorre a fotossíntese

RESPIRAÇÃO E TRANSPIRAÇÃO

As trocas gasosas que ocorrem na fotossíntese – de gás carbônico e oxigênio – são feitas pelos estômatos, pequenas estruturas existentes na face inferior das folhas. Os estômatos também fazem a transpiração da planta

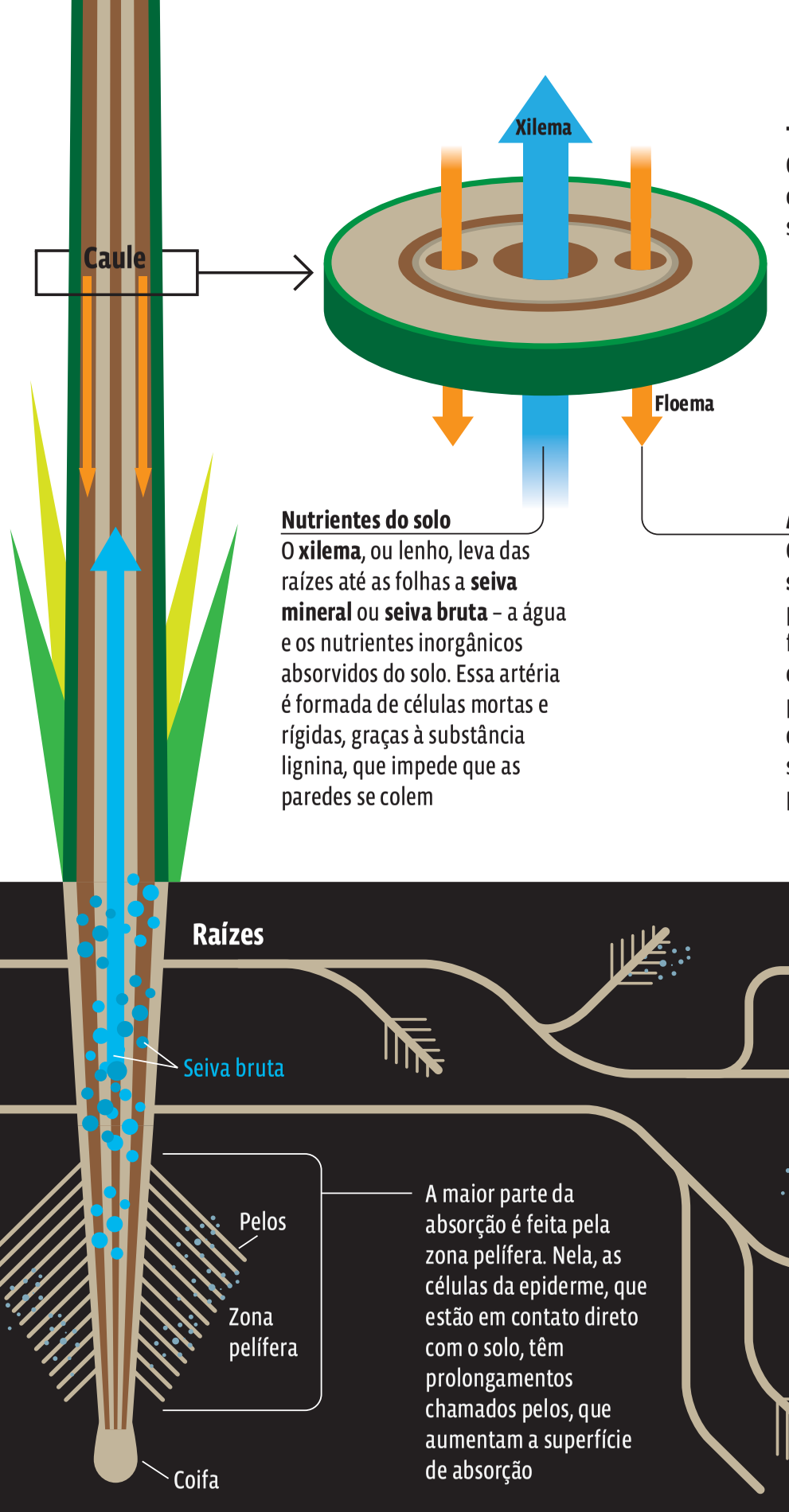
Poros vegetais
Os **estômatos** se abrem ou se fecham dependendo da quantidade de água absorvida pelas raízes. Plantas de ambientes úmidos ou aquáticos precisam transpirar mais. Por isso, seus estômatos permanecem abertos a maior parte do tempo. Já as plantas de ambientes áridos mantêm os estômatos fechados boa parte do dia, para economizar água

[1] MÁRIO KANNO/MULTISP



2 Armazém de clorofila
No cloroplasto, uma rede de vesículas chamadas **tilacoides** armazena clorofila, a substância que absorve luz solar. Aqui ocorrem as reações fotoquímicas, na **fase luminosa** da fotossíntese. Nessa fase, a planta quebra as moléculas de água e libera oxigênio (*veja na pág. 94*)

3 Alimento vegetal
No cloroplasto fica, também, o **estroma**, uma substância gelatinosa em que ocorre a **fase escura** da fotossíntese: uma série de reações químicas que transformam o CO_2 absorvido da atmosfera em glicose, que o vegetal usa como alimento



TRANSPORTE
Como o organismo humano, os vegetais têm também um sistema circulatório de duas mãos

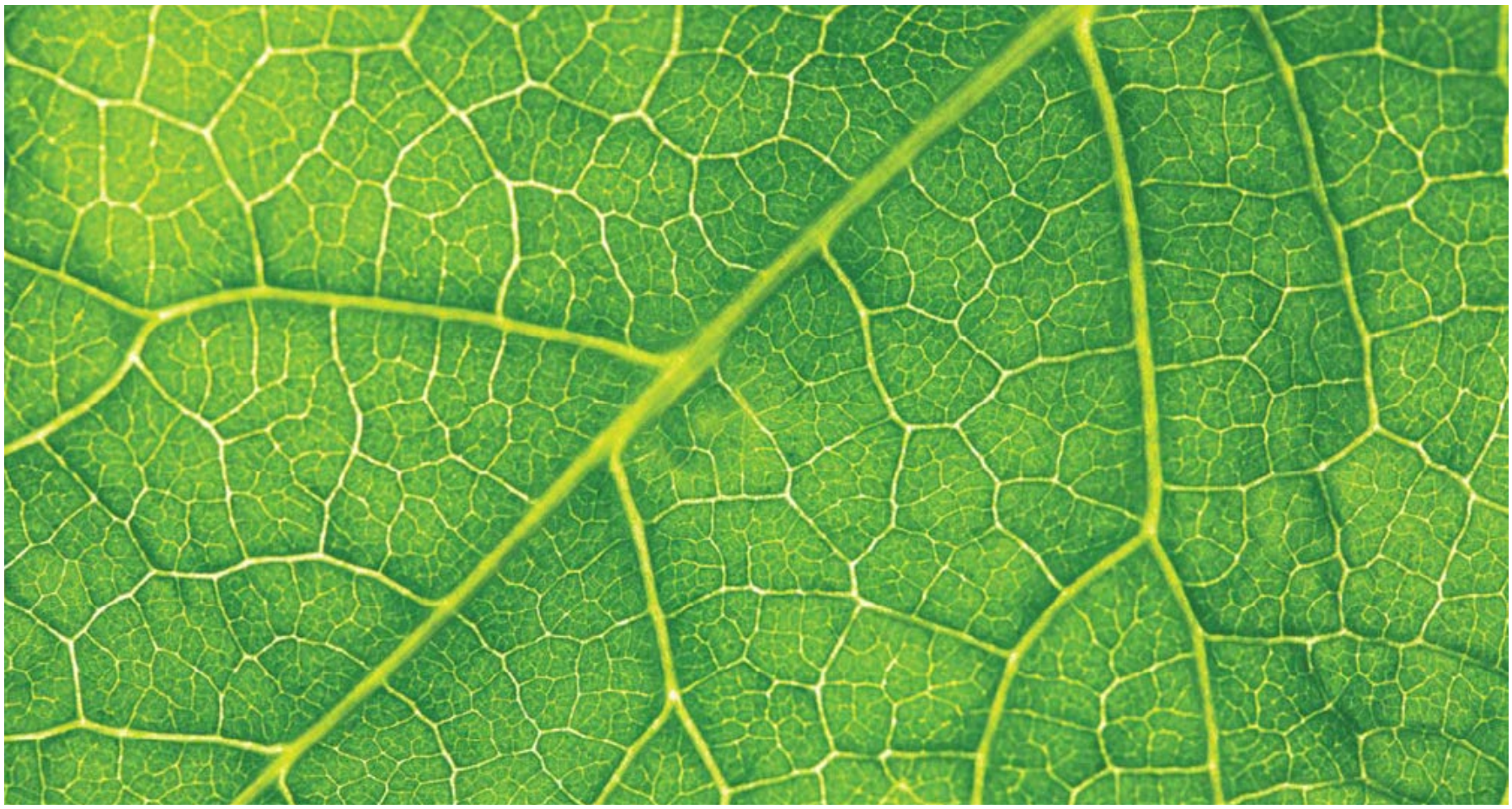
Nutrientes do solo
O **xilema**, ou lenho, leva das raízes até as folhas a **seiva mineral** ou **seiva bruta** – a água e os nutrientes inorgânicos absorvidos do solo. Essa artéria é formada de células mortas e rígidas, graças à substância lignina, que impede que as paredes se colem

Açúcares da fotossíntese
O **floema**, ou líber, distribui a **seiva elaborada** – a glicose produzida na fotossíntese – na forma de sacarose dissolvida em água. O transporte ocorre por difusão, que aproveita a diferença de concentração da solução de açúcar nas várias partes da planta

A BASE DE TUDO
As raízes fixam a planta ao solo e absorvem dele nutrientes inorgânicos (sais minerais) diluídos em água – matéria-prima para a fotossíntese nas folhas

Fungos se associam às raízes, formando uma estrutura chamada **micorrizas**. Os fungos absorvem matéria inorgânica do solo e a transferem à planta. Em troca, o vegetal fornece aos fungos açúcares e aminoácidos.

A maior parte da absorção é feita pela zona pelífera. Nela, as células da epiderme, que estão em contato direto com o solo, têm prolongamentos chamados pelos, que aumentam a superfície de absorção



MUNDO VERDE A clorofila, que capta a luz solar na fotossíntese, absorve todas as cores do espectro solar, menos verde. Por isso a maioria das folhas tem essa cor [1]

Luz e oxigênio para crescer

Como qualquer ser vivo, os vegetais precisam de energia e matéria orgânica para crescer e manter seu metabolismo. O alimento é produzido pela fotossíntese. E, de novo, como em todos os seres vivos, a energia vem da respiração.

Fotossíntese

A fotossíntese é um processo metabólico complexo, através do qual organismos autótrofos transformam gás carbônico (CO_2) e água em açúcares e oxigênio. A energia necessária para que a fotossíntese ocorra vem do sol e é captada pelo pigmento clorofila. A fotossíntese pode ser resumida na seguinte equação química:

$$6\ CO_2 + 12\ H_20 + luz = C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6H_2O$$

O $C_6H_{12}O_6$ é a **glicose**, um carboidrato (açúcar). Dessa forma, as plantas transformam substâncias inorgânicas – água e gás carbônico – em orgânicas energéticas, alimento e matéria-prima para a síntese de todas as demais moléculas orgânicas. Os primeiros organismos fotossintetizantes da Terra foram as cianobactérias (cianofíceas, ou algas azuis). Mas, antes delas, já existiam bactérias que obtinham energia pela fermentação (*veja o capítulo 3*). As cianobactérias usavam o CO_2 liberado pelas bactérias fermentadoras para sintetizar o próprio alimento, na fotossíntese.

Com o tempo, a proliferação de bactérias fermentadoras esgotou o estoque de moléculas orgânicas nos oceanos primitivos. Os organismos fotossintetizantes multiplicaram-se, então, rapidamente. E, como a fotossíntese libera oxigênio (O_2), a atmosfera encheu-se desse gás, o que deu início aos processos oxidativos – entre eles, a respiração celular, que produz energia em grande quantidade.

Cloroplastos

As organelas das células eucariontes que fazem a fotossíntese são os **cloroplastos**. Assim como as mitocôndrias, os cloroplastos carregam o próprio material genético e têm reprodução independente, dentro de cada célula. Por isso, acredita-se, os primeiros eucariontes fotossintetizantes, as algas unicelulares, eram protozoários que acabaram fagocitando um procarionte produtor de clorofila. De alguma forma, o organismo fagocitado não foi digerido, mas preservado, dando origem ao cloroplasto. Essa teoria é conhecida como **endossimbiose**.

Os cloroplastos têm duas membranas. A interna forma vesículas chamadas **tilacoides** (*veja*

o infográfico na pág. 92), nas quais a clorofila é armazenada. A cor verde da maioria das plantas indica que a clorofila não absorve bem essa cor da luz solar. As demais cores que compõem a luz branca são absorvidas (principalmente o azul e o vermelho). Mas a verde é refletida pelas folhas. A substância que preenche o cloroplasto se chama **matriz**, ou **estroma**, e contém as enzimas que participam do processo de formação da glicose.

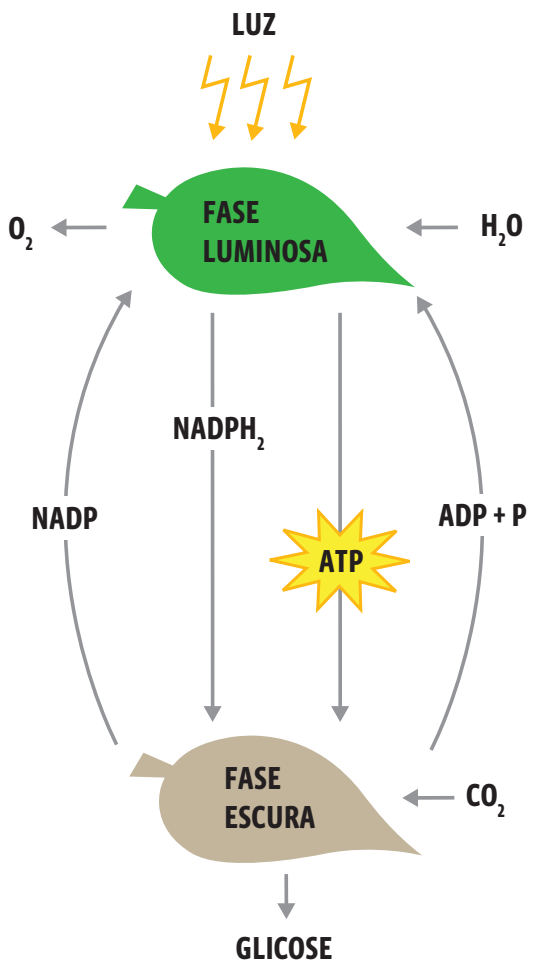
A química da luz

A fotossíntese ocorre em duas etapas. A **fase luminosa** é de reações fotoquímicas que ocorrem durante o dia, quando há luz. A **fase escura** envolve reações que não dependem da luz, mas também só acontecem de dia (*veja abaixo*).

Na fase luminosa, os tilacoides absorvem a energia luminosa, são formadas moléculas de ATP e quebradas as de água, num processo chamado **fotólise**. Essa quebra transforma o composto NADP em $NADPH_2$ e libera O_2 para a atmosfera. O composto NADP é um transportador de hidrogênios e elétrons, ou seja, recebe os hidrogênios da molécula de água e os transfere para a etapa escura. A etapa escura, que ocorre no estroma, usa os hidrogênios extras do $NADPH_2$ e a energia do ATP para formar a glicose numa reação com CO_2. Para cada molécula de glicose formada são necessárias seis moléculas de CO_2. A etapa escura não depende diretamente da luz, mas só acontece se o vegetal tiver disponíveis os compostos produzidos na fase luminosa.

AS FASES DA FOTOSSÍNTESE

As transformações químicas das duas fases



RESPIRAÇÃO SEM OXIGÊNIO

A fermentação é um processo menos rentável que a respiração aeróbica: rende apenas duas moléculas de ATP e apresenta como produto final um composto que ainda tem energia. Existem dois tipos de fermentação: a lática é realizada por lactobacilos (bactérias do leite) e células musculares, e deixa como produto final o ácido lático, sem liberação de CO_2. O ácido lático diminui o pH, ou seja, aumenta a acidez do leite, causando a coagulação das proteínas – o coalho, usado na fabricação de iogurtes e queijos. Já a fermentação alcoólica, ou etílica, é feita por algumas bactérias e fungos unicelulares chamados leveduras, resulta no álcool etílico e libera CO_2. Esse processo é utilizado na fabricação de álcool combustível, bebidas alcoólicas e pão. As leveduras podem, também, realizar respiração aeróbica, na presença de oxigênio, pois têm mitocôndrias.

Respiração

Todos os processos celulares, de todos os seres vivos, requerem energia. E essa energia é armazenada nas ligações químicas de uma molécula chamada ATP (trifosfato de adenosina). Quando essas ligações se quebram, a energia é liberada. A energia para a formação do ATP, por sua vez, vem de substâncias orgânicas, como açúcares e lipídeos. Nas plantas, é a fotossíntese que produz açúcares (glicose). A **respiração celular** é a quebra da glicose para a obtenção de energia.

Existem dois processos básicos de extração da energia dos açúcares e lipídeos. Um envolve o oxigênio e se chama **respiração aeróbica**; outro, realizado sem oxigênio, é a **respiração anaeróbica**, ou **fermentação** (*veja o box acima*).

Nos vegetais, a respiração é a reação bioquímica inversa à fotossíntese. Em seu ambiente natural, a taxa de fotossíntese (ou seja, a liberação de O_2) é bem maior do que taxa de respiração (absorção do O_2). A glicose também sobra, e o excedente é armazenado pelo vegetal na forma de amido.

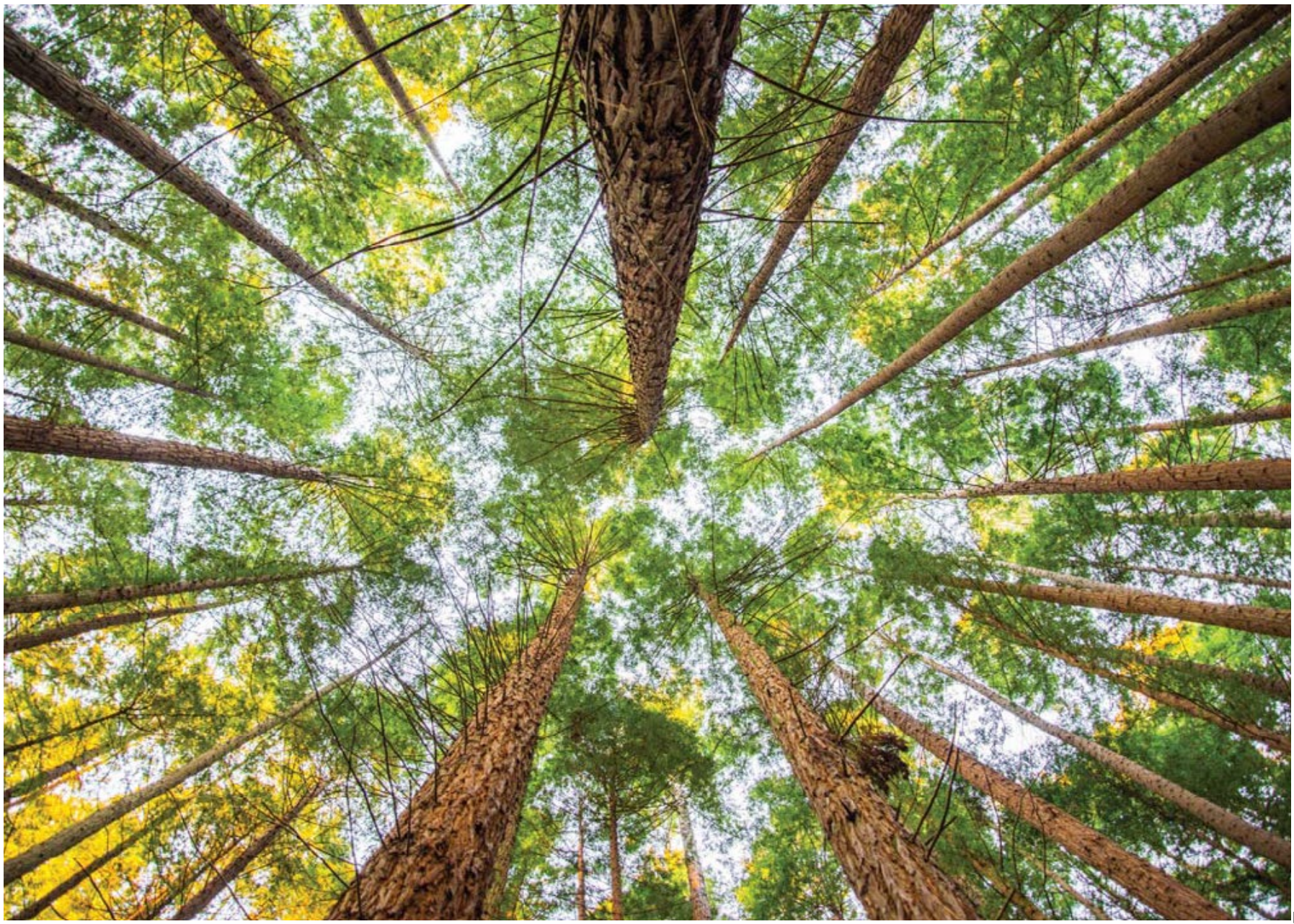
A maioria dos seres vivos – e todos os animais e vegetais – faz a respiração aeróbica. A energia da glicose é liberada aos poucos para a síntese do ATP, e, no final, sobram apenas compostos inorgânicos simples – CO_2 e água. A rentabilidade desse tipo de respiração é muito grande: ao final da quebra de uma molécula de glicose são liberadas 38 moléculas de ATP.

SAIBA MAIS

QUANDO A PLANTA RESPIRA

Vegetais respiram de dia e de noite. O que muda é a fotossíntese: em ambientes escuros, a taxa de fotossíntese cai, ficando igual ou inferior à taxa de respiração. Isso significa que a quantidade de oxigênio liberado na fotossíntese fica próximo ou abaixo da quantidade de oxigênio absorvido na respiração. A intensidade luminosa na qual as taxas de fotossíntese e de respiração se igualam se chama ponto de compensação luminoso. Nesse ponto, a planta não morre, mas também não cresce. Intensidades luminosas inferiores a esse ponto matam a planta, porque ela passa a gastar mais do que produz.

[1] iSTOCK


[1]

CONTRA A GRAVIDADE Nas árvores, a seiva bruta carrega água das raízes até as folhas mais altas. Lá, a seiva é elaborada e enviada para outras partes da planta

Para matar a sede

Como todo ser vivo, os vegetais também precisam de água. Para abastecer cada galho, ramo e folha, a 100 metros de altura (como as sequoias), os vegetais desenvolveram um sistema que envolve, de um lado, a absorção de água pelas raízes e, de outro, a transpiração pelas folhas.

Absorção e transpiração

A água é absorvida do solo pelas raízes, que têm pelos que aumentam a área de absorção. As células dessa parte da planta fazem o transporte ativo de sais e, por osmose, de água. No alto, as folhas usam parte da água absorvida para a fotossíntese. E o excesso é liberado por transpiração. As estruturas responsáveis pela transpiração são os **estômatos** – poros localizados na epiderme do verso das folhas, formados por duas células, que se abrem quando a planta está bem suprida de água (*veja no infográfico na pág. 92*). Essa transpiração gera uma força de sucção, que puxa a seiva bruta caule acima. Os estômatos se fecham quando há pouca água na planta, para evitar ressecamento. Os estômatos são responsáveis, também, pela absorção do gás carbônico, usado na fotossíntese.

Durante o dia, o estômato fica aberto para a absorção do CO_2. Porém, se a planta estiver sofrendo de déficit hídrico, os estômatos são fechados para o organismo não desidratar. Como consequência, a taxa fotossintética cairá. Plantas adaptadas a clima seco (xerófitas) têm diversos recursos para diminuir a perda de água por transpiração enquanto mantêm os estômatos abertos para a fotossíntese. Um desses recursos são raízes profundas, que buscam água de lençóis subterrâneos. Outro são folhas pequenas, com uma película impermeabilizante, chamada cutícula, que reduz a transpiração, ou a substituição das folhas por espinhos.

Osmose

As células das plantas também desenvolveram mecanismos para resistir ao excesso de água ou à falta dela: são dotadas de uma **parede de celulose**, externa à membrana plasmática, que é permeável, ou seja, permite a entrada de água. Em situações ideais, a célula vegetal absorve água até o máximo permitido pela parede. O excesso fica armazenado no **vacúolo**, que ocupa a maior parte do volume do citoplasma. A concentração na solução do citoplasma é o fator primordial para regular as trocas de líquido entre a célula e o meio em que ela está imersa.

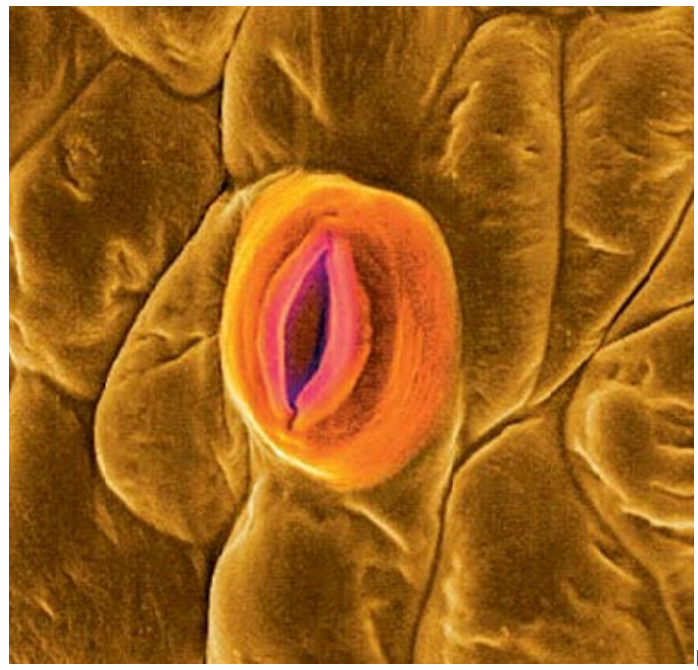
Quando a solução absorvida do solo está menos concentrada do que a solução no interior das paredes da célula, a água entra, por **osmose**. O volume da célula, então, aumenta. Mas ela não explode, porque a parede celulósica é muito resistente. Já uma célula mergulhada numa solução hipertônica, com concentração maior do que a solução interna , perde tanta água que a membrana plasmática pode descolar-se da parede celulósica e o citoplasma, reduzir-se drasticamente. É o que se chama **plasmólise** (*veja o infográfico abaixo*).

Difusão

Para manter o metabolismo e regular a absorção de água, os vegetais precisam de sais minerais e íons. Esses elementos podem ser absorvidos, em solução, do solo, por simples difusão (transporte passivo) ou com gasto de energia (transporte ativo) – tudo depende da concentração da solução no solo e da necessidade da planta.

Alguns nutrientes são consumidos em pequena quantidade e atuam, geralmente, nos processos que envolvem enzimas. São os micronutrientes. Os nutrientes absorvidos em maior quantidade são os **macronutrientes** – elementos químicos que constituem importantes componentes de moléculas orgânicas. Os agricultores corrigem a falta de nutrientes no solo por meio de adição de adubos ou fertilizantes. Alguns nutrientes importantes são:

- **Nitrogênio**, para a síntese de proteínas e ácidos nucleicos.
- **Fósforo**, que entra na composição de moléculas de ATP e ácidos nucleicos.
- **Potássio**, o principal regulador da pressão osmótica nas células.
- **Cálcio**, importante no metabolismo e na constituição da **lamela média**, que "cimenta" as células vegetais.
- **Magnésio**, que é componente da clorofila.

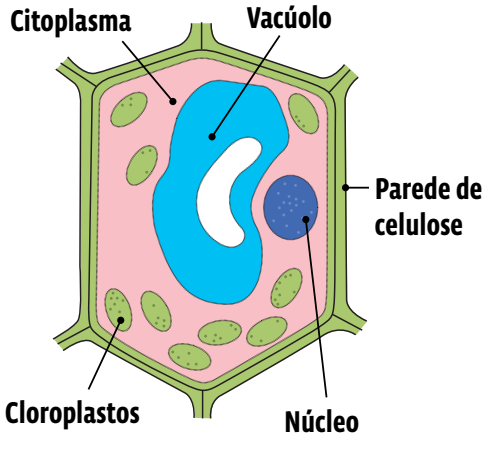


[3]

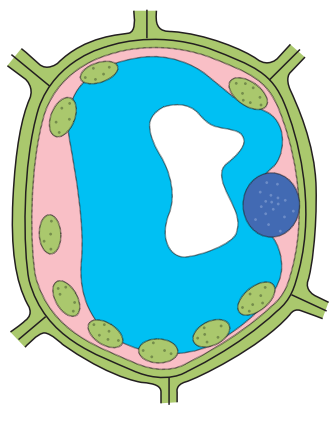
VÁLVULA NATURAL
Um estômato se abre tanto para fazer trocas gasosas com o ambiente quanto para liberar água da planta

SATURADAS OU MORTAS DE SEDE

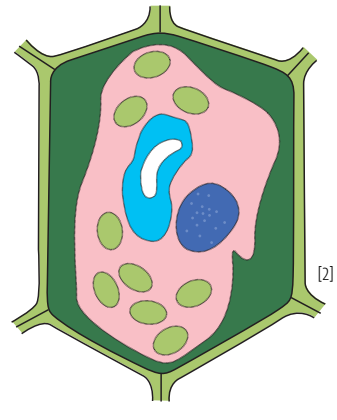
As células vegetais ficam túrgidas ou plasmolisadas, conforme a quantidade de água absorvida



Em situação normal, a água absorvida pela célula é armazenada no vacúolo e as paredes não são forçadas



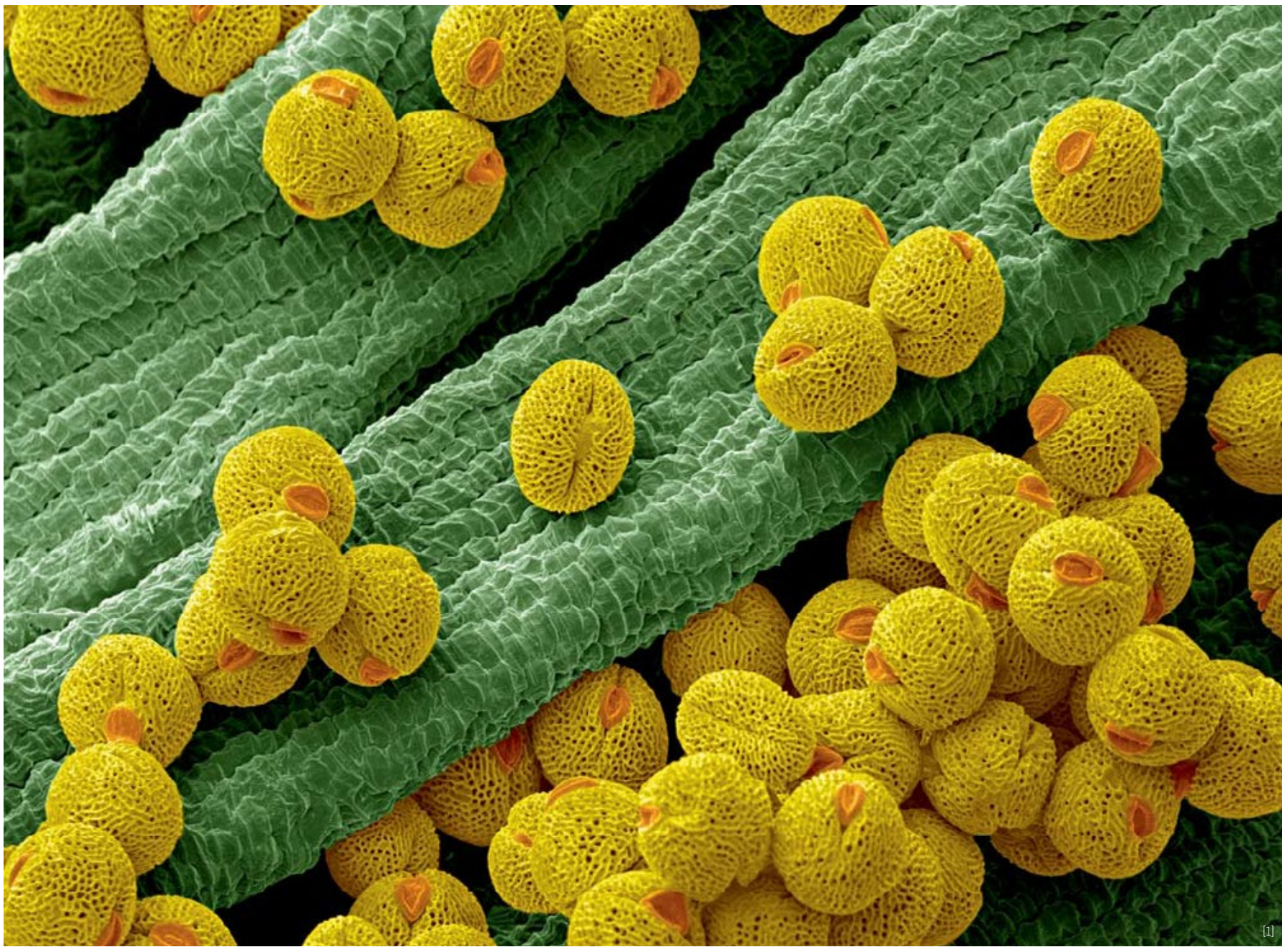
Quando está num meio hipotônico, a célula absorve água demais. O vacúolo fica imenso e força as paredes celulósicas



[2]

Num meio hipertônico, a água escapa, o vacúolo se retrai e as paredes de celulose se soltam da membrana plasmática

[1] iSTOCK [2] ESTÚDIO PINGADO [3] CALLISTA IMAGE/CULTURA CREATIVE



PÓ DE PIRLIMPIMPIM **Minúsculos, os grãos de pólen são gametas masculinos que se espalham pelo ar ou são levados por insetos para fertilizar gametas femininos**

Complexas máquinas verdes

Todos os filos do Reino Animal surgiram no mar, no período Cambriano, cerca de 500 milhões de anos atrás. Já a história das plantas – dos filos do Reino Vegetal – começa em terra, e é mais recente. Os vegetais modernos surgiram no Período Ordoviciano, há cerca de 450 milhões de anos. A partir de então, a evolução levou ao surgimento de espécies de complexidade cada vez maior.

O que é planta, o que não é

As plantas, imóveis e impassíveis, podem parecer seres muito simples. Mas os recursos de que os vegetais lançam mão para sobreviver e se reproduzir são extremamente variados e sofisticados. Todo ser vivo classificado no Reino Vegetal é eucarionte, pluricelular e autótrofo fotossintetizante, ou seja, todos têm mais de uma célula, todas as células têm o núcleo individualizado no citoplasma, e todos produzem o próprio alimento pela fotossíntese. Levadas em consideração apenas essas características, teríamos de incluir entre os vegetais as algas pluricelulares – como as rodofíceas ou algas vermelhas, as algas pardas ou feofíceas, e as algas verdes ou clorofíceas, que são consideradas ancestrais dos vegetais terrestres. Mas esses são seres muito simples, normalmente classificados no Reino dos Protistas (*veja na pág. ao lado*).

Os vegetais "verdadeiros" apresentam uma característica que os distingue das algas: todos se desenvolvem de um embrião protegido por uma estrutura reprodutiva da planta-mãe. De outro lado, os zigotos das algas desenvolvem-se sem cuidados maternos, sozinhos na água.

Sistema de reprodução

O ciclo de vida característico de todos os vegetais (e de algumas algas) chama-se **haplodiplobionte** e alterna duas gerações. Na primeira, chamada **gametófito**, a reprodução é sexuada. Na segunda, **esporófito**, a reprodução é assexuada e são produzidos esporos. Essa alternância de gerações se chama metagênese.

Como todo organismo que se reproduz sexuadamente, as plantas também fazem uma divisão do tipo meiose para formar células haploides, os esporos. A meiose (**intermediária** ou **espórica**) ocorre no esporófito, numa estrutura chamada **esporângio**. Embora sejam células de reprodução assexuada, os esporos dão origem a uma geração sexuada, o gametófito, que é haploide, e produzirá gametas haploides, por mitose.

Briófitas

As primeiras plantas terrestres eram, provavelmente, similares às atuais briófitas – **musgos**, sempre pequenos e rasteiros. As briófitas são **avasculares**, isto é, não têm vasos condutores de seiva. Como nas algas, os nutrientes, a água e os sais minerais são absorvidos do solo e passam de célula em célula. Por isso, esse tipo de vegetal nunca cresce muito.

Em sua fase mais duradoura, as briófitas são haploides, ou seja, os cromossomos em suas células não vêm em pares. As plantas separam-se entre femininas e masculinas. As femininas têm o órgão reprodutor feminino (**arquegônio**), as masculinas, o órgão masculino (**anterídio**). O anterídio produz células chamadas **anterozoides**. Essas células são similares a espermatozoides, só que têm dois flagelos.

Em dias chuvosos ou sob orvalho, os anterozoides nadam até uma planta feminina e fecundam a oosfera, o gameta feminino. Os dois gametas se fundem, gerando uma célula diploide, que passa a se dividir até formar uma nova planta, o esporófito. Essa fase diploide é provisória. O esporófito dura apenas até formar a estrutura chamada esporângio, que divide as células diploides em haploides, novamente, por meiose. Assim são produzidos esporos. Estes germinarão na forma de novas plantas masculinas e femininas, completando o ciclo.

SAIBA MAIS

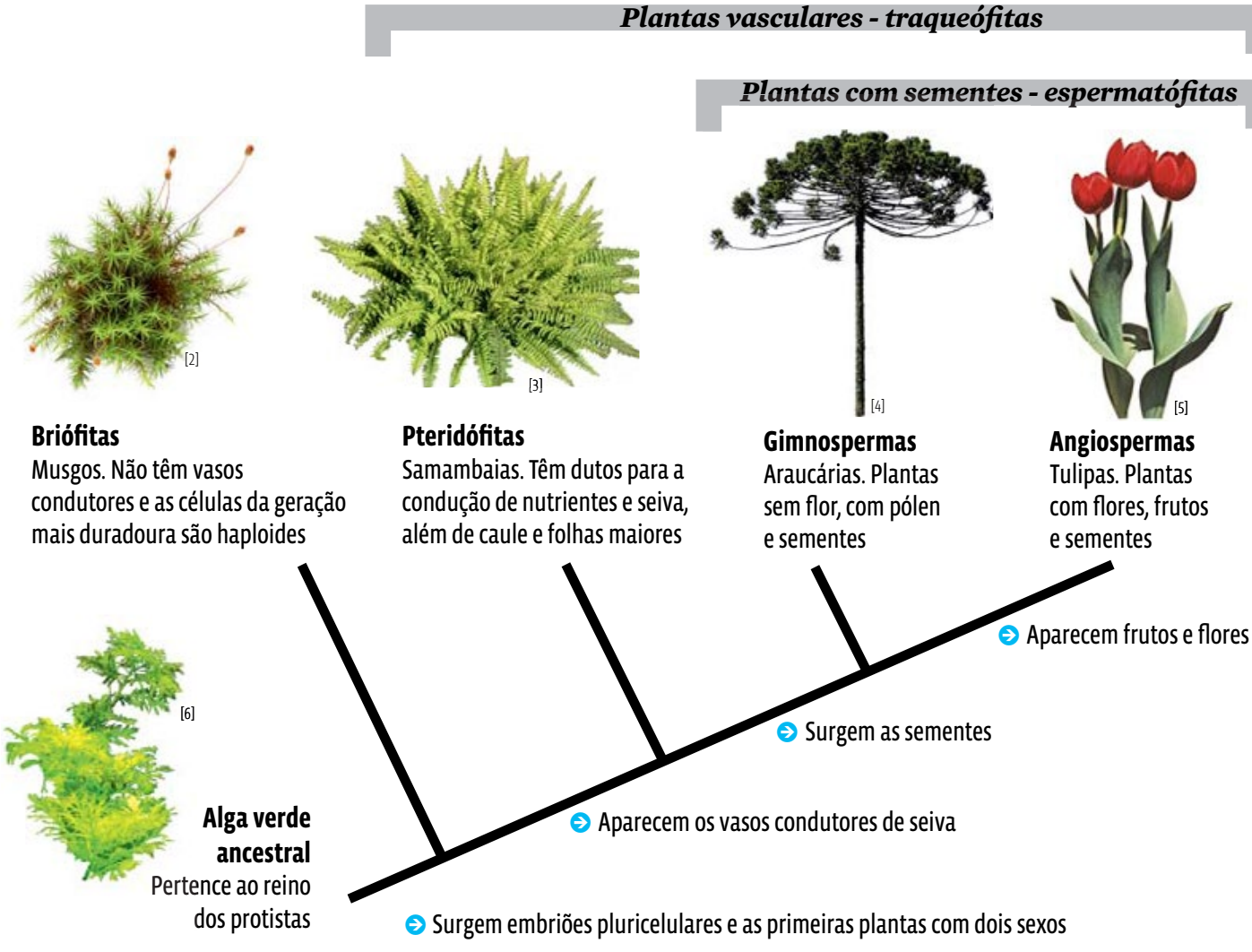
O QUE É ÓVULO NUM VEGETAL

A palavra óvulo tem significados diferentes para vegetais e animais. Nos animais, óvulo é o gameta feminino.

Já nas gimnospermas e angiospermas, o nome refere-se à estrutura que abriga o gameta feminino, a oosfera.

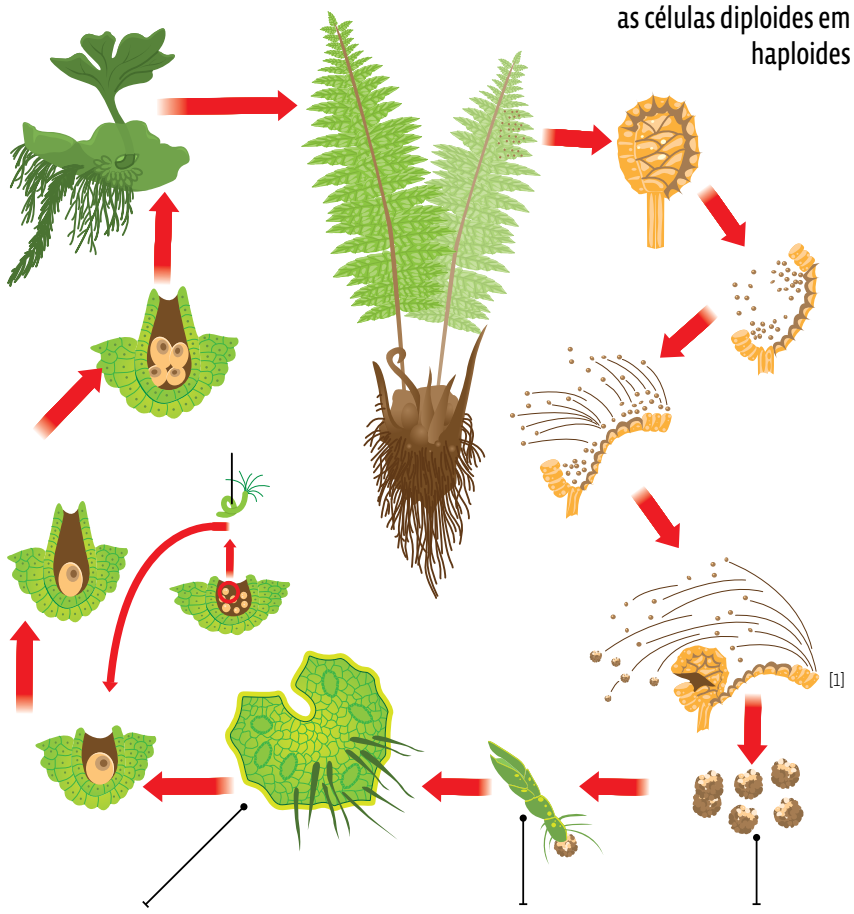
A EVOLUÇÃO DAS PLANTAS

Todos os vegetais descendem de uma alga verde primitiva. A complexidade veio com o tempo

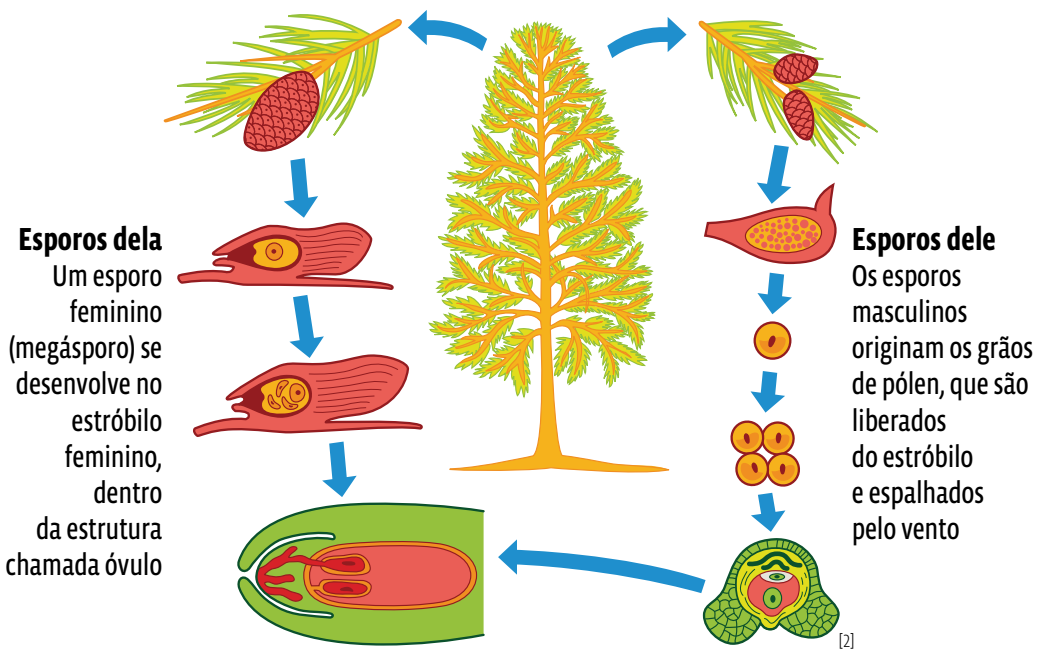


[1] STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY [2] [3] [6] iSTOCK [4] ROGERIO MONTENEGRO [5] FREDERIC JEAN

O CICLO REPRODUTIVO DAS PTERIDÓFITAS



A REPRODUÇÃO DAS GIMNOSPERMAS



Fecundação
Quando um grão de pólen cai sobre um estróbilo feminino, desenvolve o tubo polínico, que invade o óvulo e fecunda a oosfera com o gameta masculino – o núcleo espermático

Pteridófitas

As pteridófitas – samambaias, avencas e xaxins – foram as **primeiras plantas a desenvolver um sistema para a condução de seiva**. São dutos formados por células alongadas, que trazem água e nutrientes das raízes até a ponta das folhas e conduzem alimentos ao restante do organismo. Essa adaptação também dá às pteridófitas sustentação, e, com isso, elas podem chegar a 20 metros de altura.

A reprodução das pteridófitas também é haplodiplobionte, ou seja, alterna uma geração haploide e outra, diploide. Tem muito em comum com as briófitas (*veja o infográfico ao lado*), mas, ao contrário do que ocorre naquelas, nas pteridófitas a fase duradoura e complexa é o esporófito diploide. Nessa fase, elas lançam esporos haploides, que ao brotarem, geram uma minúscula estrutura, (de cerca de 2 milímetros de altura), em forma de coração, que é o gametófito, chamada **protalo**.

O protalo é haploide e hermafrodita – produz tanto gametas masculinos quanto femininos. Os protalos clorofilados e verdes alimentam-se pela fotossíntese. Mas há outros, brancos, que na ausência da clorofila não realizam a fotossíntese, mas consomem matéria orgânica morta do solo. Em dias chuvosos, os protalos emitem anterozoides, que nadam até os arquegônios de outros protalos e os fecundam. Então, sobre esse protalo nasce um novo esporófito.

Plantas modernas

A etapa seguinte na evolução dos vegetais trouxe as plantas com órgãos sexuais bem definidos, as chamadas **fanerógamas**. São fanerógamas as plantas dos filos das gimnospermas e das angiospermas. Essas plantas têm duas características que as adaptam a viver melhor em ambientes secos que as briófitas e pteridófitas. Uma é o pólen, o esporo masculino que é espalhado pelo ar e germina no tubo polínico no qual se formam os gametas masculinos.

Outra é a semente, que guarda alimento suficiente para que o broto se desenvolva, até que possa fazer a fotossíntese. A semente é, também, um seguro contra os azares da vida: sobrevive a estações secas ou frias e até pode passar intacta pelo intestino de animais, à espera de melhores condições para germinar. Isso deu às fanerógamas a capacidade de se espalhar por extensas regiões do planeta.

As fanerógamas têm uma fase haploide muito reduzida, proveniente da germinação dos esporos no interior do esporófito. O gametófito masculino é o grão de pólen. O feminino é um tecido dentro do óvulo, que produz a oosfera.

Gimnospermas

As gimnospermas – do grego *gimnos* (nua) e *sperma* (semente) – não dão flores, mas cones, chamados **estróbilos**. Existem dois tipos de estróbilo. O masculino cria grãos de pólen dividindo células diploides em haploides, por meiose. O feminino, também por meiose, forma o gametófito com a oosfera (gameta feminino) dentro do óvulo. Algumas gimnospermas têm os dois tipos de estróbilo num mesmo pé. Outras têm plantas apenas femininas ou masculinas. É o caso do pinheiro-do-paraná. Essa araucária é a única gimnosperma nativa do território brasileiro. A pinha é o estróbilo feminino e os pinhões são as sementes.

Quando um grão de pólen é carregado pelo ar até um estróbilo feminino, uma de suas células forma um tubo, chamado **tubo polínico**, no qual se formam os gametas masculinos, conhecidos como **núcleos espermáticos**. Quando o tubo se estende até o interior do óvulo (parte do órgão reprodutor feminino das plantas), um dos núcleos espermáticos funde-se com a oosfera, gerando um zigoto diploide, que se transformará em embrião dentro do óvulo, que agora é semente (*veja o infográfico na pág. ao lado*).

Angiospermas

As angiospermas – do grego *angios* (jarro) – são as plantas dominantes no mundo atual e têm **flores e frutos**. As flores são folhas adaptadas que contêm órgãos reprodutores masculinos (androceu) ou femininos (gineceu). Os frutos são as estruturas que oferecem proteção às sementes, até o momento de germinar.

Como ocorre com as gimnospermas, nas angiospermas os grãos de pólen também desenvolvem um tubo polínico. Nele se formam dois **núcleos espermáticos**. Um dos núcleos fecunda a oosfera, formando um zigoto diploide. Outro núcleo espermático fecunda dois outros núcleos no óvulo, chamados **núcleos polares**, e criam um conjunto de células triploides (3n), o **albúmen** ou **endosperma**. A função desse tecido é armazenar nutrientes para o desenvolvimento do embrião.

A transferência de células reprodutivas masculinas (núcleos espermáticos) por meio dos grãos de pólen de uma flor para o receptor feminino (estigma) de outra flor da mesma espécie, ou para o próprio estigma, recebe o nome de polinização. Na natureza, a **polinização** pode se dar pelo vento, por insetos, aves, morcegos ou pela água.

Raiz, caule e folhas

Além das estruturas que darão origem ao caule, à raiz e às folhas, cada embrião das angiospermas tem um **cotilédone**, ou dois deles. São folhas que armazenam nutrientes. Em espécies como o feijão, os cotilédones exercem a função do endosperma, provendo nutrientes. Em outras, como no arroz e no trigo, são minúsculos.

Em razão do número de cotilédones que apresenta, uma angiosperma pode ser classificada como **monocotiledônea** (um só) – como grama, bambu, milho e palmeiras – ou **dicotiledônea** (dois). A maioria das plantas frutíferas e grandes árvores, além de feijão, tomate e café, é dicotiledônea. As folhas das monocotiledôneas são longas e com nervuras paralelas, e suas flores têm um número de pétalas sempre múltiplo de três. Já as dicotiledôneas formam folhas com nervuras reticuladas e flores com pétalas em número múltiplo de quatro ou cinco.

PARECEM PLANTAS MAS NÃO SÃO

As algas apresentam algumas características das plantas. Mas são protistas

As algas são eucariontes capazes de fazer fotossíntese. Mas não têm xilema nem floema e se reproduzem de maneira muito simples. Por isso, são classificadas à parte dos vegetais, no reino dos protistas.

A maioria das algas unicelulares vive em água salgada. E é no mar, onde formam o fitoplâncton, que essas protistas desempenham papel fundamental para o desenvolvimento e a manutenção da vida na Terra. O fitoplâncton produz a maior parte do oxigênio que envolve o planeta. Além disso, as algas microscópicas estão na base da cadeia alimentar marinha: nutrem os animais minúsculos do zooplâncton, que, por sua vez, alimentam animais maiores.

Algas multicelulares têm estruturas que lembram folhas, mas não são dotadas de canais para transporte de nutrientes, sais, água e produtos do metabolismo celular. As algas verdes, ou clorofíceas, consideradas ancestrais dos vegetais terrestres, têm o pigmento clorofila, parede celular feita de celulose e capacidade de armazenar açúcar na forma de amido – todas características que aparecem também nas plantas terrestres. Todas as algas multicelulares se reproduzem de forma assexuada, e muitas também fazem reprodução sexuada, lançando ao mar gametas haploides masculinos, que encontram estruturas femininas em outra alga e geram células diploides.

[3]

CLOROFILA NA ÁGUA
As algas verdes contêm o pigmento que absorve a luz solar, como os vegetais

[1] MÁRIO KANNO/MULTISP [2] ESTÚDIO PINGADO [3] iSTOCK

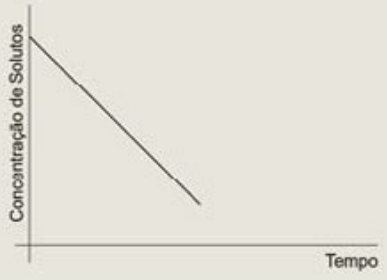
1. **(CESGRANRIO 2016)** **O processo osmótico corresponde à difusão da água através das membranas. Esse processo, completamente passivo, pode proporcionar mudanças na estrutura celular. Qual dos gráficos abaixo representa o fenômeno da plasmólise?**

a)

b)

c)

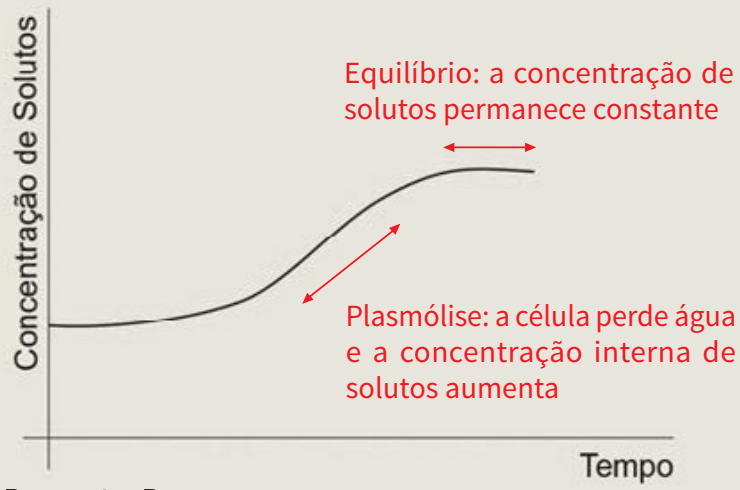
d)



e)

RESOLUÇÃO

Os gráficos representam a variação na concentração de solutos na solução aquosa dentro da célula vegetal. Esse tipo de célula sofre plasmólise (ou fica plasmolizada) quando essa concentração de solutos em seu interior é menor do que a concentração de solutos na solução do meio externo – ou seja, quando a solução externa é hipertônica. Nesse caso, a célula perde água pelo processo físico da osmose. Quanto maior for essa diferença de concentração entre o meio externo e o interior da célula, mais rapidamente a célula perderá água. À medida que a célula perde água, a concentração na solução interna cresce. E, em determinado momento, a passagem de água se interrompe, e o equilíbrio é retomado. O único gráfico que condiz com essa situação é este



Resposta: B

2. **(UNESP 2016)** *"Fruto ou Fruta? Qual a diferença, se é que existe alguma, entre 'fruto e fruta'?" A questão tem uma resposta simples: fruta é o fruto comestível. O que equivale a dizer que toda fruta é um fruto, mas nem todo fruto é uma fruta. A mamona, por exemplo, é o fruto da mamoneira. Não é uma fruta, pois não se pode comê-la. Já o mamão, fruto do mamoeiro, é obviamente uma fruta.*

Veja, *04.02.2015. Adaptado.*

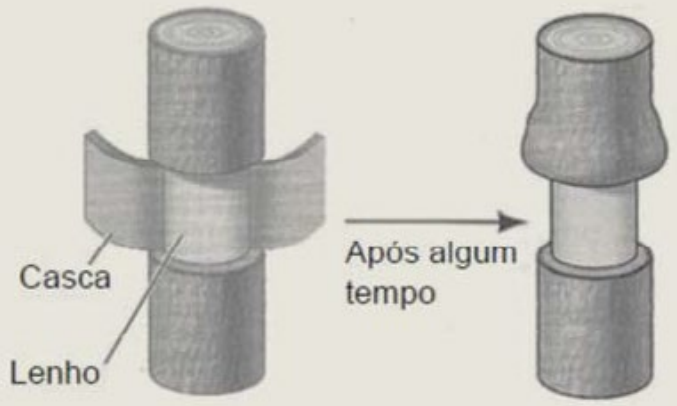
O texto faz um contraponto entre o terno popular "fruta" e a definição botânica de fruto. Contudo, comete um equívoco ao afirmar que "toda fruta é um fruto". Na verdade, frutas como a maçã e o caju não são frutos verdadeiros, mas pseudofrutos. Considerando a definição botânica, explique o que é um fruto e por que nem toda fruta é um fruto. Explique, também, a importância dos frutos no contexto da diversificação das angiospermas.

RESOLUÇÃO

Respondendo a primeira parte da questão: o que é um fruto e por que nem toda fruta é um fruto. Fruto, para a botânica, é uma estrutura originada pelo ovário, parte do aparelho reprodutor feminino das angiospermas. Após a fecundação, o ovário se desenvolve e pode se tornar carnoso e comestível. Isso é o que chamamos de fruta. Contudo, em algumas angiospermas, a parte da flor que se desenvolve e se torna comestível não é o ovário, mas alguma outra parte. Apesar de serem comestíveis (e popularmente poderem ser chamadas de frutas), essas partes não são frutos. É o caso do caju, da maçã e da pera.

A segunda parte da questão: a importância dos frutos no contexto da diversificação das angiospermas. Os frutos se desenvolvem em torno das sementes com a finalidade de protegê-las e, também, dispersá-las. Frutos carnosos atraem animais que se alimentam deles, levando as sementes para germinar longe da planta mãe. Muitos frutos apresentam estruturas que facilitam seu transporte pelo vento, como o dente-de-leão. Outras, como o carrapicho, têm estruturas que permitem a fixação no pelame dos animais, que, mais uma vez, carregam involuntariamente as sementes para longe. Dessa forma, as espécies vegetais se espalham, com suas sementes, germinando em diferentes ambientes. Ambientes diferentes impõem pressões diferentes e, pela lei da seleção natural, a disseminação de sementes favorece a diversificação genética.

3. **(FMP 2016)** **Há mais de 300 anos, o cientista italiano Marcello Malpighi realizou um experimento no qual ele retirou um anel de casca do tronco de uma árvore. Com o passar do tempo, a casca intumesceu na região acima do corte.**



O intumescimento observado foi causado pelo acúmulo de

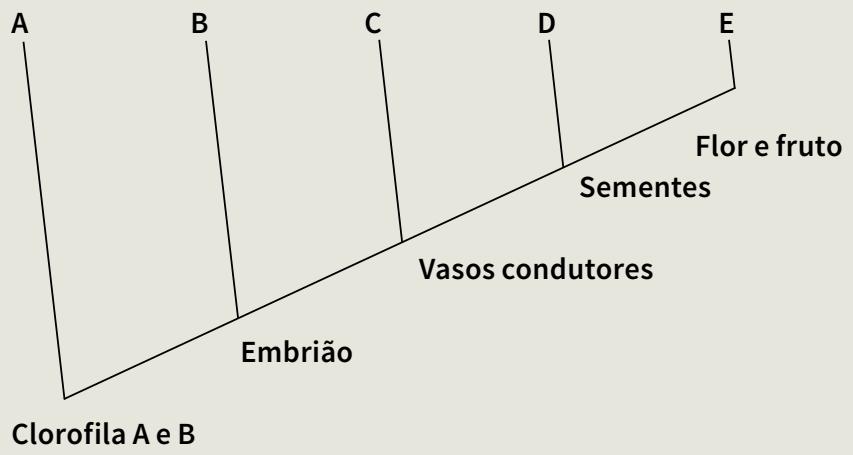
a) solutos orgânicos que não puderam ser transportados pelo floema rompido.
b) solutos inorgânicos nos vasos lenhosos acima do anel removido.
c) seiva bruta nos vasos condutores removidos junto com o anel de casca.
d) produtos da fotossíntese no xilema que foi partido com o corte na casca.
e) substâncias que não puderam ser usadas no processo fotossintético.

RESOLUÇÃO

O anel de casca retirou do tronco da árvore os tecidos que circundam o lenho (xilema). Entre o que foi retirado está o floema, responsável por distribuir a seiva elaborada do alto para baixo, das folhas (onde o açúcar é produzido na fotossíntese) até a raiz, passando pelo caule. A interrupção dessa passagem pelo anel cortado na casca provocou um acúmulo de seiva elaborada na parte superior ao anel.

Resposta: A

4. **(UNICAMP 2016) De acordo com o cladograma a seguir, é correto afirmar que:**



a) A é Briófita, B é Pteridófita e C é espermatófita.
b) C é espermatófita, D é traqueófita e E é Angiosperma.
c) C possui sementes, D é espermatófita e E é Angiosperma.
d) B é Briófita, D é traqueófita e E possui sementes.

RESOLUÇÃO

O cladograma representa a evolução dos vegetais terrestres, a partir de seu ancestral que são as algas verdes (A) que carregam as clorofilas A e B. O aparecimento do embrião caracteriza o grupo das briófitas (B). Plantas traqueófitas são as que apresentam vasos condutores de seiva (xilema e floema). Os vasos surgiram nas pteridófitas, representadas por C, e ocorrem em todas as demais, subindo pela linha evolutiva. Plantas espermatófitas são aquelas que têm sementes. As primeiras espermatróticas foram as gimnospermas. E a característica foi passada às angiospermas (que, portanto, também são espermatófitas). Mas as angiospermas são as únicas que apresentam flor e fruto.
Resumindo:
A: algas verdes; B: briófitas; C: pteridófitas; D: gimnospermas; E: angiospermas.
Traqueófitas (com vasos condutores de seiva): C, D e E.
Espermatófitas (com semente): D e E.

Resposta: D

RESUMO

Biologia vegetal

FOTOSSÍNTESE Processo pelo qual os vegetais transformam gás carbônico e água em açúcar e oxigênio ($6\ CO_2 + 12\ H_2O + luz = C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$). A energia necessária para que a fotossíntese ocorra é captada pela clorofila no cloroplasto. A fase luminosa é de reações fotoquímicas, que utilizam energia da luz solar absorvida pela clorofila. A fase escura envolve reações que dependem dos produtos da fase luminosa para a formação da glicose.

RESPIRAÇÃO É o processo de quebra das moléculas dos açúcares produzidos na fotossíntese para a liberação de energia. Assim como os animais, os vegetais fazem respiração aeróbica. Normalmente, a taxa de fotossíntese (volume de O_2 liberado) é bem maior que a taxa de respiração (absorção de O_2). A intensidade de luz na qual as taxas de fotossíntese e de respiração se igualam se chama ponto de compensação luminoso. A respiração anaeróbica, ou fermentação, aquela em que não entra o oxigênio, é feita por bactérias e fungos. A fermentação alcoólica libera CO_2. Na fermentação lática (feita por bactérias do leite) não ocorre essa liberação.

ABSORÇÃO E TRANSPIRAÇÃO A água é absorvida pelas raízes, por osmose, e a pressão empurra a coluna de líquido até as folhas, para a fotossíntese. O excesso é liberado pela evaporação (transpiração), feita pelos estômatos, que também absorvem CO_2 durante o dia. Se uma planta estiver em déficit hídrico, os estômatos se fecham para reduzir a perda de água. Aí, caem também a absorção de CO_2 e, por consequência, a taxa de fotossíntese.

OSMOSE E DIFUSÃO A parede de celulose que envolve a membrana plasmática das células vegetais é permeável. Se a solução absorvida do solo for hipotônica (com menor concentração de soluto que a solução no interior da célula), a água entra por osmose. O excesso de água é armazenado no vacúolo. Já se a solução externa for hipertônica (com concentração de solutos maior do que a da solução no interior da célula), a célula libera água. Se a perda de água pela célula for muito grande, ela sofre a plasmólise. A absorção de sais minerais e íons do solo ocorre por simples difusão (transporte passivo), ou por transporte ativo, que exige gasto de energia. Alguns dos principais nutrientes absorvidos do solo, que constituem as moléculas orgânicas das plantas, são nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

EVOLUÇÃO DOS VEGETAIS Todas as plantas descendem de uma alga verde, do reino dos protistas. Briófitas (musgos): primeiras plantas terrestres, avasculares, células haploides. Pteridófitas (samambaias): têm dutos para condução de seiva, caule e folhas maiores. Gimnospermas (araucárias): sem flor, mas com pólen e semente. Angiospermas: plantas com sementes, flores e frutos. Os vasos condutores de seiva surgiram nas pteridófitas. As sementes se originaram nas gimnospermas.

6

ECOLOGIA

CONTEÚDO DESTE CAPÍTULO

- *Relações ecológicas* *106*
- *Conceitos principais* *108*
- *Relações harmônicas e desarmônicas* *112*
- *Clclos biogeoquímicos* *114*
- *Poluição* *116*
- *Como cai na prova + Resumo* *118*

O meio ambiente no fio da navalha

O histórico de acidentes ambientais na cidade de Cubatão mostra quão frágil é o equilíbrio ecológico que permite a sobrevivência de ecossistemas aquáticos e terrestres

Em março de 2016, um vazamento de petróleo em um terminal da Petrobras atingiu o principal manancial que abastece a cidade de Cubatão, no litoral do estado de São Paulo. A situação foi controlada rapidamente e, segundo os técnicos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), sem danos ambientais. Menos de um ano antes, um incêndio de oito dias em seis tanques de etanol e gasolina no terminal da empresa Ultracargo, na cidade vizinha de Santos, havia contaminado os rios da região, afetando também o município de Cubatão. Os danos foram imediatos. Em apenas dois dias foram retiradas oito toneladas de peixes mortos dos rios. A recuperação total dos ecossistemas aquáticos deve levar anos.

Acidentes ambientais fazem parte da história de Cubatão. Em 1984, um vazamento de óleo de uma tubulação de uma refinaria da Petrobras incendiou mais de mil barracos na Vila Socó. Oficialmente, 93 pessoas morreram, mas sobreviventes afirmam que outras 300 pessoas jamais foram encontradas depois da tragédia. O vazamento também contaminou o mangue ao redor da vila.

Por aquela época, Cubatão era considerada a cidade mais poluída do mundo. A falta de controle das refinarias, usinas, fábricas de cimento e siderúrgicas sobre a emissão de poluentes rendeu ao polo industrial e seus arredores o apelido de Vale da Morte. O ar era um coquetel de gases venenosos e material particulado. A alta concentração de flúor eliminou a vegetação da encosta da Serra do Mar, e a população que ali vivia sofria de problemas pulmonares. O auge da crise ambiental ocorreu em 1983, quando foi constatada a alta taxa de crianças que nasciam com anencefalia (sem cérebro) em Vila Parisi, um bairro operário encravado no polo. Pressionado pela comunidade internacional, o governo do estado implantou um programa de recuperação, exigindo das empresas o cumprimento de rígidas normas ambientais. Em 1992, Cubatão recebeu da Organização das Nações Unidas (ONU) o título de Cidade Símbolo da Recuperação Ambiental.

A história de Cubatão mostra que a poluição do ar, do solo e da água afeta todas as comunidades de um ecossistema – das plantas aos peixes, dos cães ao homem. Neste capítulo, você vê como a sobrevivência dos seres vivos depende de um delicado equilíbrio entre todos os recursos e todas as espécies.

TODOS AFETADOS
Acidentes ambientais afetam todas as espécies de um ecossistema. Um vazamento de óleo, em 1984, na Vila Socó, em Cubatão, matou gente e contaminou o mangue

JOÃO PIRES/AGÊNCIA ESTADO

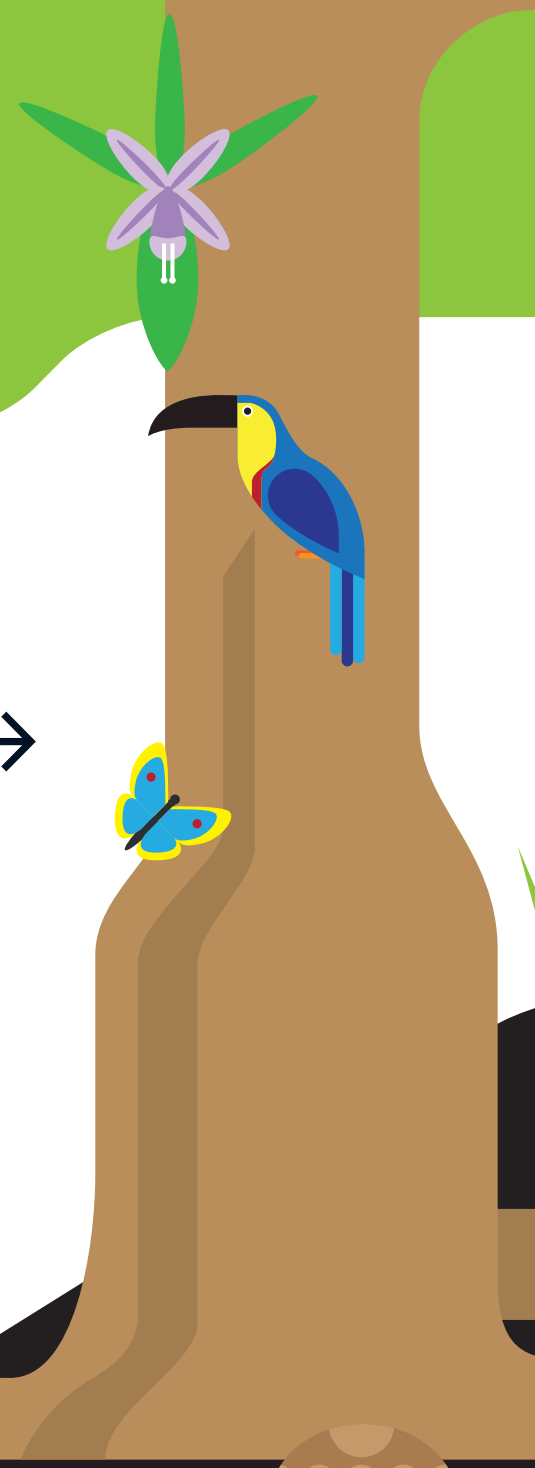
Relações ecológicas

Todos os organismos do planeta mantêm íntima relação com o ambiente em que vivem. É dele que retiram os recursos para sobreviver – como energia, água e nutrientes. E é nele que desenvolvem diferentes relações com outros seres vivos

BIOSFERA
É a parte da Terra em que a vida se desenvolve, ou seja, o conjunto de todos os biomas do planeta.
A biosfera é dividida em três partes: **epinociclo** (biomas terrestres), **talassociclo** (biomas marinhos) e **limnociclo** (biomas de água doce)

BIOMA
Conjunto dos ecossistemas que abrigam uma comunidade adaptada às condições naturais de uma região. Um bioma é, geralmente, caracterizado por um tipo predominante de vegetação, mas pode apresentar variedade de fauna. O Brasil tem seis grandes biomas

ECOSSISTEMA
Conjunto formado pela comunidade (biocenose) e as partes não biológicas (biótopo) – como clima e acidentes geográficos – de uma região. No bioma Floresta Amazônica, rios e igarapés podem formar um ecossistema. Veja ao lado diversas relações entre organismos de um ecossistema.



Floresta Amazônica
Predomínio de floresta tropical úmida, com árvores altas e densa rede hidrográfica

Pantanal Mato-Grossense
Planície inundável, com vegetação que se diversifica entre áreas alagadas e não alagadas

Cerrado
Dominam pequenos arbustos, árvores retorcidas e gramíneas, num solo deficiente de nutrientes

Pampas
Campos de vegetação aberta e de pequeno porte, com pouca variedade de espécies

Mata Atlântica
Mata tropical de clima quente e úmido, com vegetação de grande diversidade

Caatinga
Vegetação típica de regiões semiáridas, com perda de folhas nas estações secas

Comensalismo
É a relação em que uma espécie se beneficia da outra, para alimentação, sem lhe causar mal. O urubu é comensal do jacaré porque se alimenta dos restos do animal predado por ele

Inquilinismo
Nessa relação, uma espécie se beneficia da outra para proteção ou suporte, sem prejudicá-la nem beneficiá-la. A bromélia mantém esse tipo de relação com as árvores em que se apoia

Cooperação
Ambas as espécies se beneficiam da relação, mas nenhuma depende dela para sobreviver. É o que ocorre entre alguns tipos de inseto, como as abelhas, que, ao se alimentar do néctar das flores, promovem sua polinização

Predatismo
Relação em que uma espécie mata a outra, para se alimentar.
A onça é um predador e a capivara, uma presa

Mutualismo
Ambas as espécies se beneficiam e dependem uma da outra para sobreviver. Os liquens são associações desse tipo, entre algas e fungos. As algas cedem aos fungos compostos orgânicos e, em troca, recebem proteção, minerais e nitrogênio

Amensalismo
Relação entre duas espécies, em que uma prejudica a outra para tentar vencer a competição por recursos do meio ambiente. Algumas raízes inibem a germinação de outros vegetais

Parasitismo
Uma espécie vive à custa de outra, prejudicando-a, mas sem matá-la.
Os vermes são parasitas, que habitam os intestinos de um animal hospedeiro, como a capivara

Nicho ecológico
É o modo como uma população de determinada espécie usa os recursos de um ecossistema e o papel que essa espécie desempenha nele, principalmente na teia alimentar. Na mata ciliar, a capivara e o jacaré dividem o hábitat. Mas não o nicho ecológico. Na teia alimentar, a mata é um ser produtor, a capivara, herbívora, é um consumidor primário, e o jacaré, carnívoro, consumidor secundário (*veja na Aula 2*)

Hábitat
Um ecossistema pode englobar diversos hábitats – áreas onde vivem determinadas espécies. Os peixes da Floresta Amazônica e a vitória-régia dividem como hábitat alguns lagos e rios

MÁRIO KANNO/MULTISP

ALGAZARRA COLORIDA Como qualquer animal silvestre, as araras dependem da integridade de seu ambiente, Floresta Amazônica, Pantanal ou Mata Atlântica

Uma demografia da natureza

Antes de mais nada, uma distinção importante: ecologia não é o mesmo que ambientalismo. Ambientalismo são movimentos sociais que têm como objetivo defender o meio ambiente, mais ou menos baseados nos conhecimentos da ecologia. E ecologia é a ciência que estuda as relações entre os seres vivos e sua interação com o meio ambiente.

Para compreender as relações entre seres vivos, é preciso conhecer os conceitos básicos da ecologia, que têm a ver com a hierarquia em que a vida se organiza no planeta, desde a unidade básica, a célula, até a totalidade de áreas habitadas por qualquer tipo de ser vivo (*veja na pág. ao lado*). O campo de ação da ecologia está no nível das populações, comunidades, ecossistemas e biomas.

População e comunidade

O primeiro dos conceitos de ecologia é **população**: o conjunto de indivíduos de uma espécie, do planeta, de determinada região ou área. Como não é possível contar um a um os indivíduos de qualquer espécie, o estudo de populações é feito por estatística. Com base na quantidade de determinado animal ou planta que vive em certa área, os ecologistas estimam quantos mais devem existir numa região maior, que oferece condições ambientais propícias ao desenvolvimento da espécie. Populações são dinâmicas: podem aumentar ou diminuir por migrações, perda ou ampliação do hábitat, ou mudanças ambientais, causadas ou não pelo ser humano.

Comunidade ou **biocenose** é o conjunto das populações que vivem numa mesma região. Também pode se referir a um segmento específico de seres vivos, pode-se falar na "comunidade dos peixes" de um lago ou "comunidade de microrganismos" no intestino humano. Dentro de uma comunidade, ocorrem relações entre espécies, que podem ser harmônicas ou desarmônicas.

◄ Preste atenção: população refere-se a um grupo de animais ou plantas de uma mesma espécie em determinada região. Já **comunidade** é o conjunto de todas as populações que coabitam uma região.

Ecossistema e hábitat

Ecossistema é o conjunto formado pela comunidade e por partes não biológicas (biótopo) de uma região – o cenário, digamos, como rios, lagos, pedras, terra, vulcões e o clima. A comunidade de um ecossistema aumenta, diminui e evolui em reação a pressões sobre o ambiente. Por exemplo, os animais do ecossistema campos alagados, do Pantanal, apresentam adaptações ao ambiente distintas daqueles que habitam os

ecossistemas de terras mais altas, que jamais inundam. Qualquer alteração numa das populações que constituem a comunidade pode levar ao desequilíbrio no ecossistema.

Hábitat é a região onde vive a população de uma espécie. Certas espécies podem ter seu hábitat restrito a um ecossistema, como o mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), que reside apenas no ecossistema zonas costeiras da Mata Atlântica. Outras têm hábitat em vários ecossistemas e até biomas. As onças-pintadas (*Panthera onca*) distribuem-se pelos biomas Mata Atlântica, Floresta Amazônica e Pantanal.

Bioma e biosfera

Bioma é uma região que apresenta certa homogeneidade nas condições climáticas. Os biomas costumam ser definidos com base na vegetação. É que as condições climáticas, principalmente a disponibilidade de água, definem a flora de uma região. Assim, regiões do globo na mesma latitude e condições climáticas semelhantes costumam apresentar biomas também semelhantes. É o que acontece com a Mata Atlântica, no Brasil, e as florestas tropicais do Sudeste Asiático. Todas pertencem à categoria floresta tropical ou subtropical úmida, caracterizada por árvores altas e próximas, solo coberto de detritos e chuvas constantes.

Mas, ainda que a flora seja semelhante, a fauna desses biomas no Brasil e no Sudeste Asiático podem – e costumam – abrigar animais de espécies muito diferentes. Portanto, biomas de uma mesma categoria podem apresentar ecossistemas diversos (lembre-se de que a definição de ecossistema inclui as comunidades de animais que vivem na região, não apenas a vegetação). Um mesmo bioma pode, também, conter vários ecossistemas. A Mata Atlântica, por exemplo, além da floresta tropical, apresenta áreas de manguezais, na zona costeira, e de mata de araucária, no sul de São Paulo e no norte do Paraná. O conjunto de todos os biomas do mundo constitui a **biosfera**.

A biosfera é dividida em três biociclos, regiões de forma de vida muito distinta. O **epinociclo** refere-se a todos os biomas terrestres; o **talassociclo**, aos biomas das águas marinhas; e o **limnociclo**, aos de água doce.

Nicho ecológico

Dentro de um ecossistema, existem oportunidades diferentes para organismos com variados modos de vida. Numa floresta, alguns se alimentam de folhas mortas, outros, de frutos do alto das árvores. Há, ainda, predadores de formigas, pequenos mamíferos e grandes mamíferos. O modo como cada população usa os recursos do ecossistema e o papel que ela desempenha no ecossistema constituem o **nicho ecológico**. Quando há mais de uma espécie ocupando o mesmo **nicho ecológico**, diz-se que elas estão em **competição**.

As relações entre os seres vivos e o ambiente definem o equilíbrio do ecossistema. O tamanho de cada uma das populações que fazem parte da comunidade é proporcional à oferta de alimento, água e energia. Esse é um equilíbrio muito delicado. Basta uma ligeira alteração na temperatura ou na umidade para que algumas plantas floresçam mais tarde, ameaçando a sobrevivência de insetos que dependam delas. Se a população de tamanduás for dizimada, pode ocorrer uma explosão populacional de formigas, que pode levar a uma grande redução de algumas plantas – o que afetaria a população

COMO A VIDA SE ORGANIZA

De uma célula à biosfera, os seres vivos se organizam em diversos níveis hierárquicos

célula	*tecido*	*órgão*	*sistema*	*organismo*	*população*	*comunidade*	*ecossistema*	*bioma*
Unidade básica da vida	Várias células com mesma função ou funções semelhantes constituem um tecido	Vários tecidos compõem um órgão	Órgãos que trabalham em conjunto com um mesmo fim (a digestão, por exemplo) constituem um sistema	Um conjunto de sistemas define um organismo. Organismos semelhantes constituem uma espécie	É o conjunto de organismos da mesma espécie que vivem numa região	As várias populações que coabitam uma região formam uma comunidade	É o conjunto das comunidades e as condições ambientais (temperatura, umidade, composição química, relevo) de uma região	Diferentes ecossistemas ocupam um bioma, uma região de flora semelhante. Todos os biomas da Terra constituem a biosfera

iSTOCK

de insetos polinizadores e, em consequência, ao desaparecimento de outras plantas que precisam ser polinizadas.

Cadeia e teia alimentar

Toda forma de vida precisa de energia, e a maior fonte de energia para o planeta é o Sol. É de nossa estrela que ela vem e é transmitida, em série, na forma de alimento, a todos os seres vivos. Nos ecossistemas terrestres, a energia solar é aproveitada, primeiro, pelas plantas, que realizam fotossíntese. Nos ambientes marinhos, pelos fitoplânctons e pelas algas pluricelulares das regiões costeiras. Nos sistemas de água doce são as plantas aquáticas as primeiras a consumir a energia solar. A energia dessas plantas, fitoplânctons e algas é consumida pelos animais herbívoros, que, por sua vez, serão comidos pelos predadores.

Esse caminho percorrido pela energia é a **cadeia alimentar**, e cada degrau da cadeia é chamado de **nível trófico**. Cada ecossistema tem a própria cadeia alimentar, dependendo do tipo de organismos que nele habitam. Mas todas as cadeias começam com as plantas e terminam em superpredadores – aqueles seres que não são comidos por nenhum outro animal, como onças-pintadas, harpias, corujas, jacarés, tigres, leões e, é claro, o ser humano.

Dependendo do nível trófico em que um organismo se encontra, ele é classificado como:

- **Produtor:** seres autótrofos, ou seja, organismos que realizam fotossíntese, como plantas, algas e fitoplânctons.
- **Consumidor primário:** animal que se alimenta dos produtores, ou seja, herbívoro.
- **Consumidor secundário:** carnívoro que se alimenta do consumidor primário, ou seja, do herbívoro.

A cadeia alimentar é uma visão simplificada de uma sequência possível num ambiente, mas ela não descreve tudo. Animais consomem e são consumidos por várias espécies, e nem toda relação de consumo é por predadores, há também o papel dos consumidores de matéria morta. São os **decompositores** – bactérias, fungos e animais detritívoros, como urubus e hienas, que têm importante papel ao reciclar a matéria orgânica, devolvendo ao solo ou à água os nutrientes minerais que serão absorvidos e reutilizados por plantas e algas. Para darem conta de toda essa complexidade, os ecologistas costumam trabalhar com o conceito de **teias alimentares.**

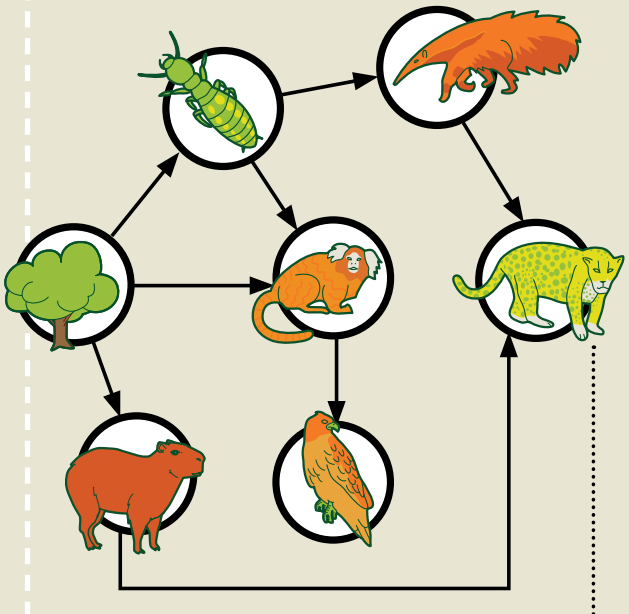
Fluxo de energia

A cadeia alimentar indica o sentido em que a energia é transmitida entre os seres vivos.

DOS PRODUTORES AOS CONSUMIDORES

CADEIA ALIMENTAR

TEIA ALIMENTAR



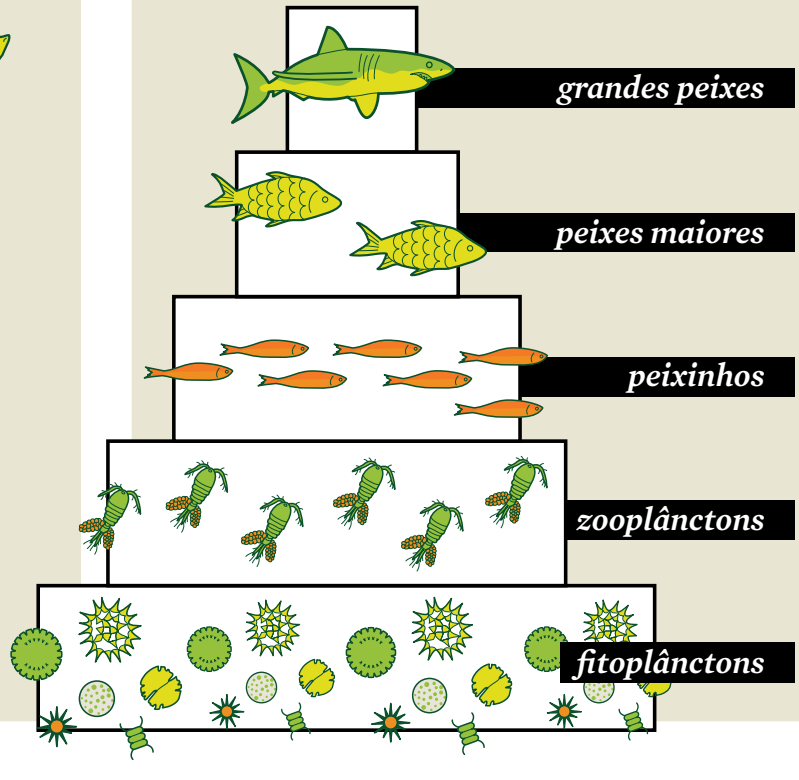
A onça é consumidora secundária quando come a capivara (herbívora), mas é consumidora terciária quando come o tamanduá, que é insetívoro.

PIRÂMIDES ECOLÓGICAS

Existem três pirâmides que representam a relação entre os níveis tróficos de um sistema

PIRÂMIDE DE ENERGIA

Esta pirâmide mostra as relações entre os níveis tróficos ao longo de uma cadeia alimentar oceânica. Quanto mais alta a posição na cadeia alimentar, menor é a quantidade de energia disponível.



Mas nem toda energia captada do Sol chega ao fim da cadeia. Quanto mais alto o nível trófico, menor é a quantidade total de energia recebida. As plantas não captam toda a energia do Sol que chega à Terra. Os herbívoros não absorvem toda energia contida nas plantas. Os carnívoros, por sua vez, também não consomem toda a energia contida num herbívoro – eles não mastigam os ossos, por exemplo. Além disso, cada nível trófico gasta alguma energia com o próprio metabolismo. Assim, ocorre sempre uma perda significativa de energia. Por isso, as cadeias alimentares de qualquer ecossistema raramente chegam a mais do que quatro ou cinco níveis tróficos. Raramente sobra energia para um sexto predador.

A energia que é perdida na passagem de um nível trófico para outro jamais retorna à cadeia alimentar. Por isso, a **pirâmide de energia** tem sempre a base maior que as demais faixas. Existem outras maneiras de representar a relação entre os níveis tróficos de um ecossistema. A **pirâmide de biomassa**, que representa a quantidade de biomassa de cada nível trófico, e a **pirâmide de números**, que indica a proporção entre o número de indivíduos de cada nível. Essas duas últimas pirâmides podem assumir diferentes formatos (*veja o quadro Pirâmides ecológicas*).

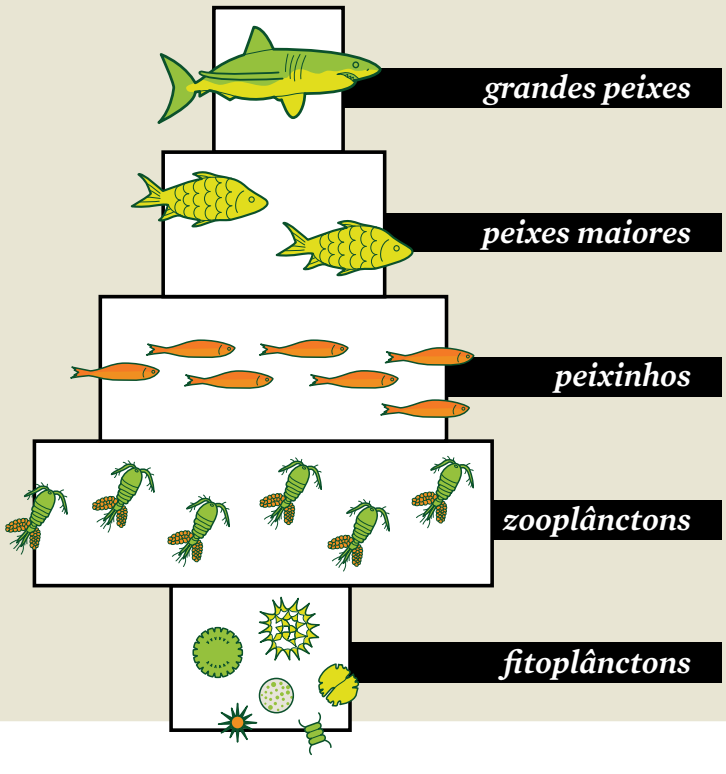
Sucessão ecológica

É a ordem em que uma região é ocupada por comunidades. No primeiro estágio, **ecese** ou **ecesis**, aparecem seres minúsculos, que detêm água e produzem matéria orgânica, como gramas baixas e liquens. Estes pioneiros transformam a areia ou argila em solo (terra fertilizada por húmus, matéria orgânica em decomposição, fundamental para vegetais mais complexos). O solo cria as condições para a segunda fase do processo, chamada seres, de instalação de gramíneas mais altas e arbustos. Nas comunidades das fases de ecese e seres, os organismos fotossintetizantes predominam sobre os que apenas respiram. Assim, a atmosfera recebe oxigênio. Por fim, a sucessão atinge o **clímax**. Neste estágio final, a comunidade é estável e a região apresenta grande diversidade biológica e teias alimentares complexas entre animais e vegetais. Nessa fase, a fotossíntese é equivalente à respiração, ou seja, o oxigênio da fotossíntese é totalmente consumido pelos organismos que respiram. O processo todo pode ocorrer em poucos anos ou em milênios.

A sucessão é primária quando a povoação se dá numa região onde ainda não existiam seres vivos. Ou secundária, quando a colonização se dá num local onde já havia solo, como uma floresta que se recupera de uma queimada.

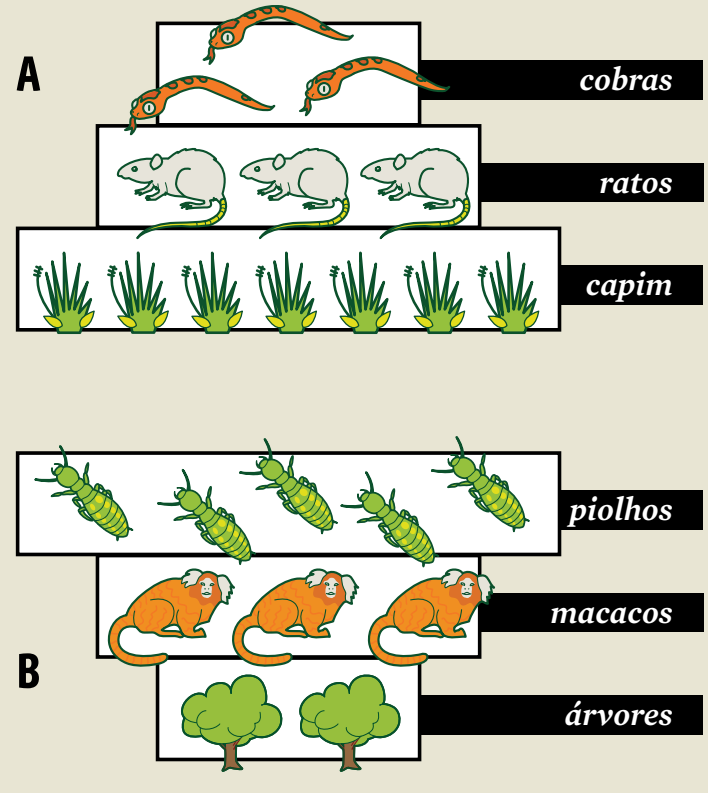
PIRÂMIDE DE BIOMASSA

Toda pirâmide de biomassa acompanha o desenho da pirâmide de energia: quanto mais alto o nível trófico, menor a quantidade de biomassa disponível. A única exceção é a pirâmide de biomassa da cadeia alimentar oceânica, aqui representada. Nesse caso, os fitoplânctons, na base da pirâmide, têm biomassa menor que os zooplânctons que se alimentam deles.



PIRÂMIDE DE NÚMEROS

Quando a relação entre os níveis tróficos é mostrada em termos de número de indivíduos, a pirâmide pode assumir diferentes formas.



PARECE UM MAS SÃO MUITOS A caravela-portuguesa é uma colônia de cnidários com diferentes funções: caçar e digerir a presa, reproduzir-se ou inflar a vela

Condôminos, vizinhos e intrusos

Nem tudo na natureza é paz e harmonia. Nos ecossistemas ocorrem as mais diversas relações entre os seres vivos. Algumas dessas relações trazem benefícios mútuos – ou beneficia um dos envolvidos sem prejudicar o outro. Essas são as relações **harmônicas**. Mas, em outras, um dos envolvidos, pelo menos, sai prejudicado – são as relações **desarmônicas**.

Relações harmônicas

Colônias são formadas por indivíduos da mesma espécie que se mantêm fisicamente unidos. Indivíduos de uma colônia podem exercer funções iguais ou distintas. Algas, protozoários e corais formam **colônias homotípicas**, isto é, sem divisão de trabalho. Já na colônia de cnidários conhecida como caravela-portuguesa (*Physalia physalis*), há quatro tipos de indivíduo com diversos papéis: os que constituem os tentáculos matam e agarram animais, os dos pólipos digerem as presas. Há, ainda, os que inflam a vela e os que se destinam à reprodução.

Sociedades também são reuniões de indivíduos de uma mesma espécie, em que todos se beneficiam da relação. Mas nas sociedades esses indivíduos são fisicamente independentes. As sardinhas se defendem melhor do ataque de barracudas e de outros predadores se nadarem em cardume. Formigas e abelhas constituem sociedades em que a divisão de trabalho é bem definida.

Seres de espécies distintas também colaboram uns com os outros. Chama-se **mutualismo** ou **simbiose** a relação em que duas espécies estão tão ligadas uma à outra que têm uma profunda interdependência. Por exemplo, o cupim não é capaz de digerir celulose. Mas alguns protozoários em seu intestino são. A relação beneficia os dois lados: o protozoário encontra alimento em abundância no intestino do inseto e libera parte deles para seu hospedeiro. Isso também acontece no intestino dos bovinos e de outros herbívoros, em que bactérias quebram a celulose ingerida no pasto. Outro exemplo clássico é o líquen: um fungo permite a uma alga viver em

terra firme, e ela compensa isso produzindo alimentos por fotossíntese. Nenhuma dessas espécies é capaz de viver sem a espécie parceira.

Existe uma versão menos extrema de associação, em que as espécies não dependem umas das outras para sobreviver, mas ganham benefícios mútuos da relação. É a **cooperação**. Certos mamíferos, como búfalos e elefantes, permitem que pássaros se alimentem de parasitas em sua pele. Crocodilos-do-nilo deixam a boca aberta para que pássaros-palitos retirem parasitas de seus dentes. Há, ainda, seres vivos que se beneficiam de outros, comendo os restos de seus alimentos, sem lhes fazer mal nem bem – é a relação de **comensalismo**. É o caso do peixe-rêmora, que se prende ao tubarão por ventosas e se nutre dos restos que o grande peixe vai deixando pelo caminho.

Animais também podem recorrer a outros organismos para abrigo. Muitos peixes encontram proteção em corais. O peixe-agulha pode se esconder dentro de um pepino-do-mar quando ameaçado. Seres como esses estabelecem uma relação de inquilinismo. Entre os vegetais, o **inquilinismo** recebe o nome de **epifitismo**. É o caso das bromélias e orquídeas, que se prendem ao tronco de árvores maiores para receber mais luz, mas não se alimentam à custa de suas hospedeiras.

Relações desarmônicas

A relação desarmônica mais comum é a **competição**. Acontece quando animais ou vegetais da mesma espécie, ou de outras espécies distintas, disputam os mesmos recursos. Entre indivíduos da mesma espécie, é chamada competição intraespecífica. É o caso de animais territoriais, que expulsam competidores da mesma espécie da área em que se alimentam ou se reproduzem. Entre espécies diferentes, ocorre a competição interespecífica. Duas espécies concorrentes não conseguem ocupar o mesmo nicho ecológico por muito tempo. Uma acaba se mostrando mais eficiente e extinguindo a espécie concorrente. Essa competição é observada mais comumente entre animais de mesmo nicho ecológico. É o caso de macacos e pássaros, que têm modos de vida muito distintos, mas disputam as mesmas frutas num bosque.

A figueira *Ficus clusiifolia*, comum no Brasil, é uma planta que mata seus concorrentes. Ela cresce enrolando-se sobre o tronco de outra árvore para alcançar mais luz do sol no topo da floresta. Quando se torna grande, acaba por esmagar a adversária com seu tronco. O resultado é que sobra apenas a figueira, uma árvore de até 30 metros de altura, com um interior oco. Não é à toa que um dos nomes populares dessa figueira é mata-pau.

A segunda relação desarmônica mais comum é o **predatismo**, a caça ativa de outro animal para consumo. Predadores podem ser carnívoros, que se alimentam exclusivamente de animais, ou onívoros, que também comem plantas. A maioria dos onívoros, como os macacos, são predadores ocasionais e oportunistas, mas raposas e ursos são onívoros que também são predadores agressivos e eficientes. Plantas carnívoras, como a *Dyonaea*, a drosera e a nepentes, são exemplos raros de vegetais predadores. Chama-se **canibalismo** quando uma espécie é predadora de indivíduos da mesma espécie. Essa relação não é rara entre jacarés e peixes de diversas espécies.

O **parasitismo** ocorre quando animal e planta se alimentam de outro, causando prejuízos, sem matá-lo, ao menos imediatamente. Além dos exemplos óbvios de animais causadores de doenças, como os vermes intestinais nos humanos, há casos como o cuco, pássaro que põe seus ovos em ninho de outras aves. Assim que sai do ovo, o filhote do cuco atira os ovos concorrentes para fora do ninho e, assim, engana a mãe pássaro, que passa a alimentá-lo como se fosse rebento seu. Uma planta parasita é o cipó-chumbo, cujas raízes sugam a seiva elaborada de outras plantas.

Chama-se **amensalismo** a relação em que um organismo produz substâncias que matam ou inibem o desenvolvimento de outro. É o caso dos antibióticos, como a penicilina, produzidos por fungos e com ação bactericida. As folhas de eucalipto e de pinheiro que caem no solo liberam uma substância que diminui a incidência de germinação de sementes no local.

Herbívoros podem ter relações harmônicas ou desarmônicas com vegetais. Muitos frutos de angiospermas apresentam adaptações que os tornam apetitosos para alguns animais. Depois, as sementes serão espalhadas nos excrementos do herbívoro. Mas também há herbívoros que consomem raízes, troncos ou plantas inteiras, destruindo os vegetais, numa relação mais parecida com predatismo. As plantas desenvolvem muitas adaptações, como veneno e espinhos, para evitar esses herbívoros nocivos.

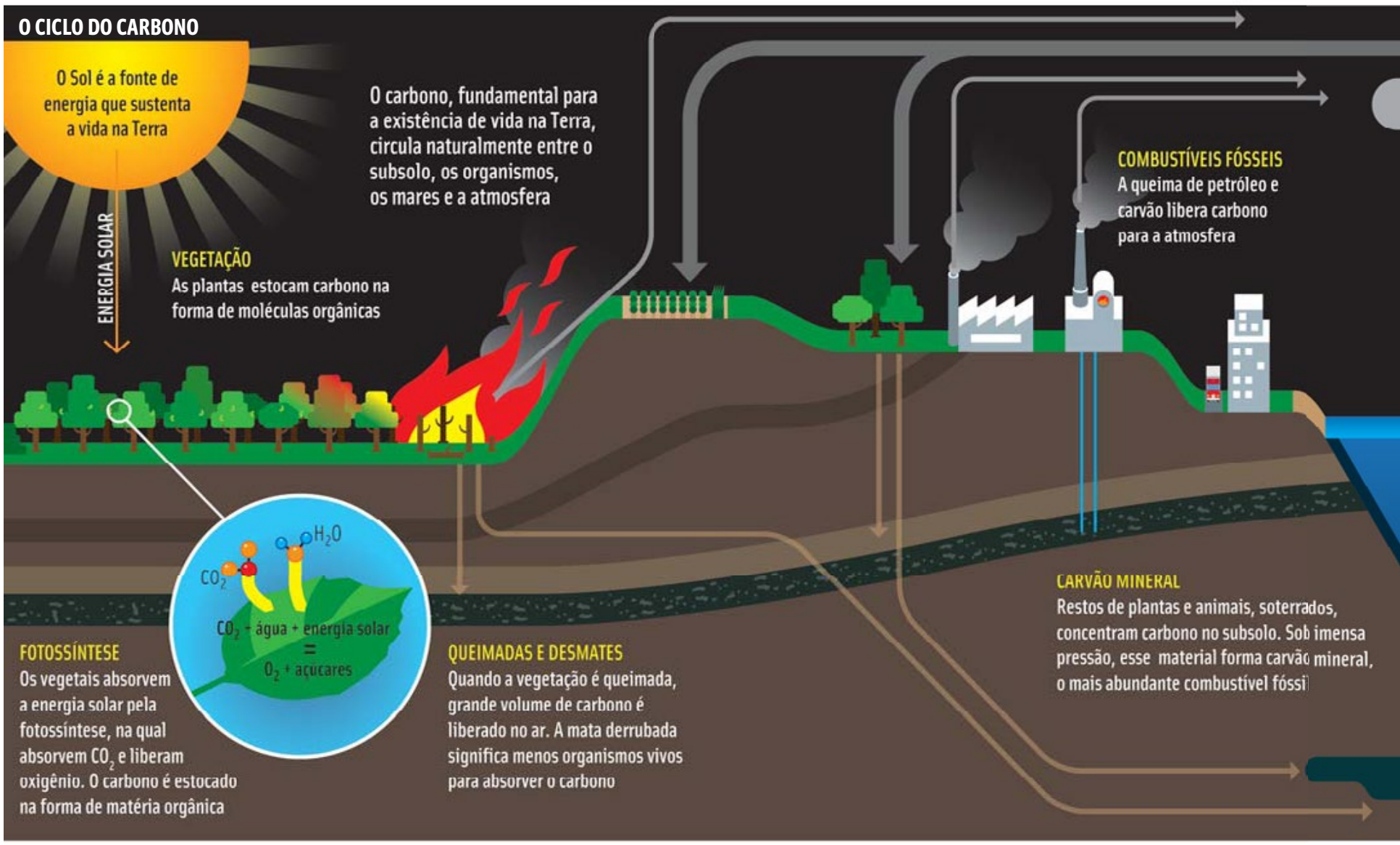
BZZZZZ BEM AFINADO
Abelhas de uma colmeia mantêm uma relação de sociedade, em que o trabalho é dividido e todos os membros se beneficiam

SAIBA MAIS

DE PEDAÇO EM PEDAÇO...

...o tubarão enche o estômago. O tubarão-charuto (*Isistius brasiliensis*), que vive na costa brasileira, faz um tipo de parasitismo muito especial. Ataca animais muito maiores, como atuns e marlins-azuis. Dá uma grande mordida e foge, rápido. A ferida não é grande o suficiente para matar a vítima, mas o petisco arrancado pela bocada é de bom tamanho para aplacar a fome do tubarão.

iSTOCK



O estoque do planeta

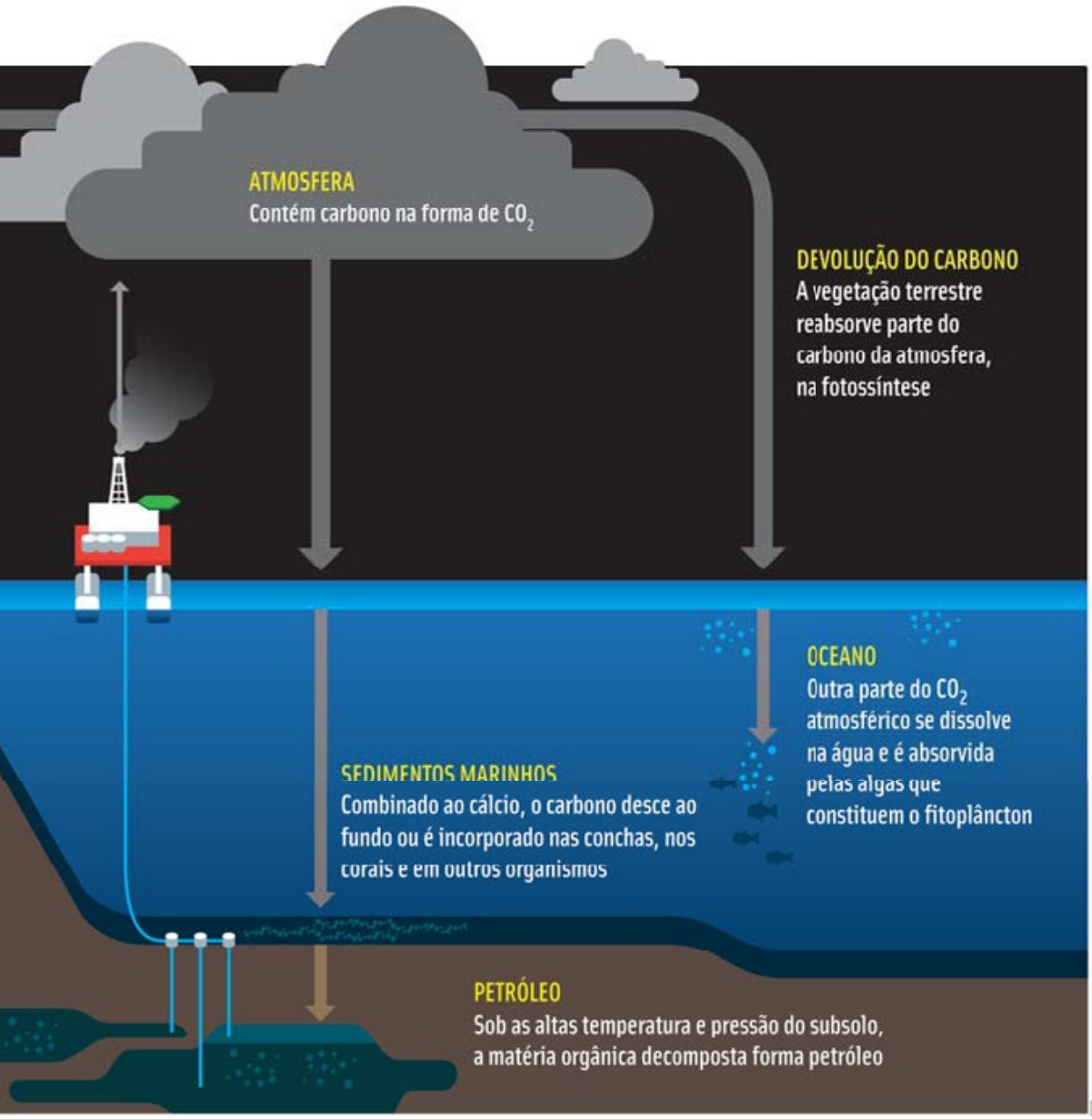
A vida depende da interação dos organismos com a matéria inorgânica. Uma planta precisa de nitrogênio, que retira do solo, e de dióxido de carbono (CO_2), absorvido do ar. E todos os seres vivos necessitam de água para dissolver e transportar substâncias e de oxigênio para o metabolismo. O planeta tem um estoque fixo dessas substâncias essenciais, que estão em constante reciclagem. O caminho delas do ambiente para os seres vivos e destes de volta para o ambiente é o **ciclo biogeoquímico**.

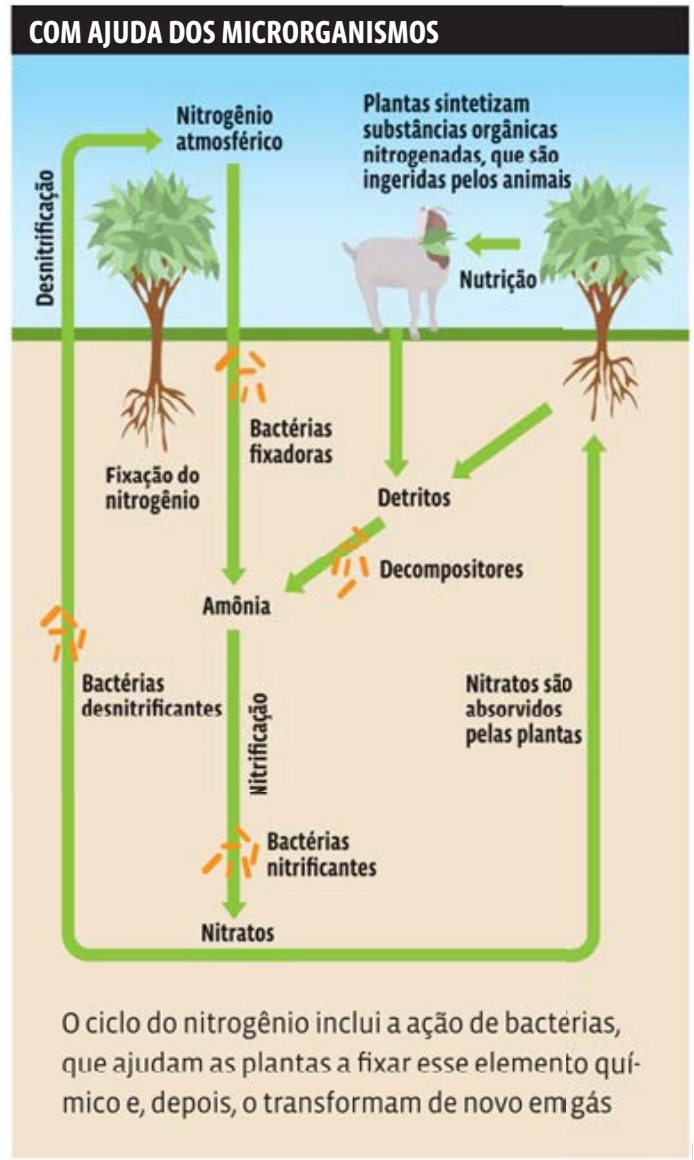
Ciclo do carbono e do oxigênio

Parte do estoque de carbono da Terra está na atmosfera, na forma de gás carbônico (CO_2). Outra parte encontra-se nas células dos organismos. Há, ainda, o carbono guardado no subsolo, nas reservas de gás natural, carvão mineral e petróleo. O carbono do ar é originalmente absorvido pelas plantas, na fotossíntese. E, quando morrem e se decompõem, animais e plantas voltam a liberar o carbono no ambiente. Esse ciclo natural faz com que a quantidade de carbono na atmosfera se mantenha estável, desde que o homem não acelere essa reposição (*veja o infográfico ao lado*).

Certa quantidade de carbono na atmosfera é fundamental para a existência de vida na Terra. O CO_2 é um dos gases que contribuem para o efeito estufa. O CO_2 recobre o planeta como um manto, retendo parte da energia solar junto à superfície. Resultado: a Terra tem a temperatura média ideal para a existência de água em estado líquido e, portanto, da vida.

Só que a quantidade de CO_2 está crescendo desde o fim do século XIX, quando a industrialização começou a aumentar a queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral). Assim, o carbono guardado na forma de combustível fóssil volta à atmosfera. Com mais CO_2 no ar, maior é o efeito estufa e, portanto, mais alta a temperatura média do planeta. Além da ameaça de extinção de espécies mais sensíveis, poucos graus a mais de temperatura podem elevar o nível dos mares e





O ciclo do nitrogênio inclui a ação de bactérias, que ajudam as plantas a fixar esse elemento químico e, depois, o transformam de novo em gás

[1]

alterar o regime de chuvas e ventos, causando grandes inundações e longos períodos de seca.

O oxigênio – que constitui 21% da atmosfera – também tem seu ciclo. Esse gás é liberado pelas plantas, na fotossíntese, principalmente as algas marinhas unicelulares (fitoplânctons). Animais e plantas absorvem oxigênio na respiração e, em troca, liberam CO_2. Este é absorvido pelas plantas, na fotossíntese. Portanto, o ciclo do oxigênio está diretamente ligado ao ciclo do carbono.

Ciclo da água

A quantidade de água que existe no planeta também não se altera. Segue um ciclo que a leva dos mares à atmosfera, pela evaporação, e de volta à superfície, como chuva. Ao penetrar na terra, a chuva forma lençóis freáticos que afloram em nascentes, que criam rios, que por sua vez desaguam nos mares. E o ciclo se repete. Os vegetais terrestres também contribuem para a liberação: 80% da água absorvida do solo é devolvida na transpiração. Animais ingerem água ao matar a sede e se alimentar de vegetais. Devolvem o líquido à atmosfera por transpiração e ao solo pela excreção. Ao morrerem, animais e vegetais também liberam água, que compõe a maior parte de seus organismos.

Ciclo do nitrogênio

O nitrogênio constitui 78% da atmosfera e faz parte das moléculas de aminoácidos e das bases nitrogenadas dos ácidos nucleicos, o DNA e RNA. Os animais adquirem nitrogênio ao comer vegetais ou outros animais que se alimentam de vegetais. Depois, devolvem ao ambiente, amônia, ureia e ácido úrico, na forma de excretas nitrogenadas. Os restos mortais de vegetais e animais também liberam amônia, por ação de organismos decompositores.

Mas os vegetais, que precisam desse elemento para seu metabolismo, não conseguem absorvê-lo do ar. Usam, então, bactérias do solo que transformam o gás em amônia, no processo de **fixação biológica**. As bactérias *Rhizobium*, que fazem associação com raízes de leguminosas, são as melhores nessa fixação. Como as plantas também não conseguem absorver e incorporar a amônia em suas moléculas, outras bactérias do solo realizam o processo de **nitrificação** – convertem a amônia em nitrato. Parte dos nitratos e da amônia é novamente transformada em nitrogênio molecular (gás), por um terceiro tipo de bactéria no processo de **desnitrificação**. Pronto, o ciclo se fechou (*veja o infográfico acima*).

[1][2] MÁRIO KANNO/MULTISP

MULTIPLICAÇÃO DOS PEIXES MORTOS A poluição de rios, mares e lagos, como petróleo, agrotóxicos ou rejeitos de mineração, matam a flora e a fauna aquáticas

O alto preço do sucesso evolutivo

Poluição é a introdução, pelo homem, de substâncias ou energia no ambiente, provocando desequilíbrio nos ecossistemas e, como consequência, prejuízos à saúde humana e à dos demais seres vivos. ►

A espécie humana é a mais bem-sucedida do planeta. O *Homo sapiens* é a única espécie que se adaptou a praticamente todos os ecossistemas e conseguiu espalhar uma população de 7 bilhões de pessoas pelo mundo todo – montanhas geladas, planícies desérticas, campos semiáridos, planaltos frios, matas úmidas. Não somos adaptados para viver na água, mas tiramos do mar uma infinidade de alimentos e recursos minerais. Não temos asas, mas atravessamos os céus em potentes jatos. Não fazemos fotossíntese, mas transformamos a energia solar em eletricidade. A inteligência privilegiada desenvolvida com a evolução nos deu a capacidade de aumentar a produtividade da terra e sintetizar vacinas que nos protegem de espécies indesejáveis, que causam doenças. O ser humano mudou a relação dos seres vivos com a natureza. Mas tudo isso tem um preço: a **poluição**

Poluição atmosférica

As atividades humanas criam poluição em todos os ecossistemas: na atmosfera, na água e no solo.

No ar, a maior parte da poluição é provocada pela queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral e petróleo, usados em quantidade cada vez maior em motores de veículos, usinas termelétricas e indústrias. Quando o combustível é queimado, não libera apenas energia, mas **material particulado** – minúsculas partículas de substâncias sólidas ou líquidas, como cinzas e compostos químicos tóxicos, que permanecem em suspensão no ar. Parte desses compostos cai na forma de **chuva ácida**, que afeta o desenvolvimento da vegetação e, consequentemente, ameaça o equilíbrio dos ecossistemas. O material particulado também afeta, diretamente, a saúde humana, pelo sistema respiratório.

A queima de combustíveis fósseis e as queimadas criam outro tipo de poluição, muito séria: o acúmulo de gases que intensificam o efeito estufa e provocam o aquecimento global. O dióxido de carbono (ou gás carbônico, CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) são os principais responsáveis pelo aquecimento global (*veja mais na Aula 4 deste capítulo*).

Poluição das águas

A água cobre 75% da superfície terrestre. Mas a maior parte dela não é potável e outra grande parte é de difícil acesso. O pouco que nos resta tem de ser usado num ritmo que permita à natureza reciclá-la e repor os depósitos, pela evaporação e pelas chuvas (*veja o ciclo da água na Aula 4 deste capítulo*).

O que polui a água são substâncias químicas – resíduos resultantes das atividades industriais, agropecuárias e de mineração. No mar, derramamentos de óleo tornam inabitáveis milhares de quilômetros de costas e intoxicam aves, peixes e moluscos marinhos. Em terra, vazamentos de usinas nucleares contaminam com radiação não apenas a água e os alimentos, mas todo o ambiente ao redor, num raio que pode chegar a centenas de quilômetros.

Em muitas cidades, os rios servem, também, de depósito de substâncias orgânicas, como esgoto doméstico – o que cria um cenário propício para a propagação de agentes patogênicos, como bactérias, protozoários e vermes. O despejo de material orgânico em rios e lagos pode levar o manancial à **eutrofização**. O material orgânico é reciclado por bactérias, aeróbicas e anaeróbicas, que liberam nutrientes inorgânicos para as microalgas. Superalimentadas, as microalgas da superfície da água crescem demais e formam uma camada densa, que impede a passagem de luz. Com menos luz, os vegetais das camadas inferiores são menos eficientes na fotossíntese. O processo reduz a quantidade de oxigênio, necessário para a respiração de peixes e mamíferos aquáticos. Esses animais acabam morrendo, e a decomposição de seus restos mortais aumenta ainda mais a matéria orgânica disponível para as bactérias. As algas continuam a crescer. A falta de oxigênio também provoca a proliferação de bactérias anaeróbicas. Todo o equilíbrio ecológico fica comprometido.

Eutrofização é a proliferação excessiva de algas microscópicas e bactérias, causada por grande quantidade de compostos ricos em fósforo e nitrogênio. ►

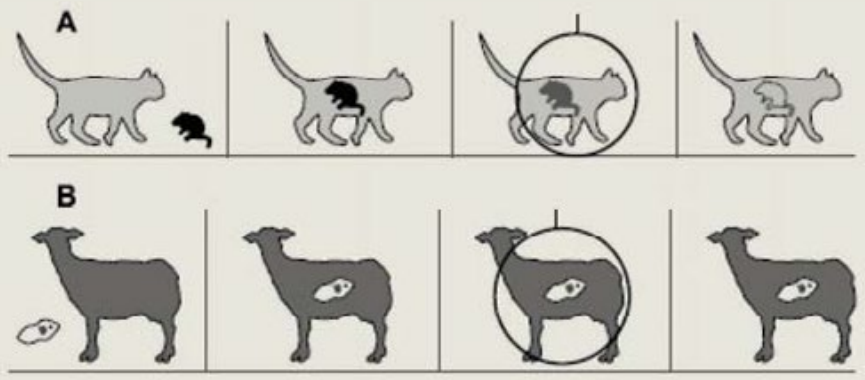
Poluição do solo

O solo é a camada mais fina e superficial da crosta terrestre, formada pela ação das chuvas e do vento sobre as rochas e pela matéria orgânica depositada sobre a terra (restos de animais e plantas). A contaminação ocorre por resíduos sólidos – lixo industrial, agrícola ou doméstico, que não se decompõe com facilidade. Pode ocorrer ainda por poluentes líquidos, que podem atingir os lençóis subterrâneos, como despejo industrial, esgoto doméstico ou derrame de agrotóxicos na lavoura. Desmatamentos, queimadas e mineração também provocam a degradação do solo. Os lixões constituem uma ameaça à parte. O **chorume**, que vaza da matéria orgânica em decomposição, é um dos mais graves agentes poluidores do solo. A melhor solução é a coleta seletiva, com a reciclagem do material que pode ser reaproveitado (plástico, papel e metal) e o uso do lixo orgânico como composto, um tipo de fertilizante orgânico.

PERIGO A CÉU ABERTO Nos lixões, a deterioração do material orgânico polui o solo, o ar e os lençóis freáticos

iSTOCK

1. **(UNICAMP 2016) As figuras abaixo representam interações ecológicas.**



Claude Combes, Les associations du vivant. *Paris: Ed.Flammarion, 2001, p.21.*

a) Pode-se afirmar que as interações ecológicas representadas em A e B são associações? Justifique sua resposta.
b) Cite duas interações ecológicas harmônicas.

RESOLUÇÃO

a) Associações são relações ecológicas entre diferentes espécies que vivem juntas. Na sequência de imagens A, o gato come o rato. Essa relação é de predatismo, em que o gato é predador e o rato, a presa – uma relação desarmônica. E claramente não se trata de associação, pois um dos animais, o rato, morre. A sequência de imagens B mostra um microrganismo que invade um animal adulto, e o invasor permanece no corpo do animal. Isso indica que os dois convivem – então, trata-se, sim, de uma associação. É bom notar que uma associação pode ser uma relação harmônica ou desarmônica. Nas harmônicas, as espécies se associam com benefícios para todas ou, ao menos, sem prejuízo a nenhuma (caso da cooperação e do mutualismo, por exemplo). Já em uma associação desarmônica, pelo menos uma das espécies é prejudicada. É o que ocorre na sequência de imagens B. A associação ali é uma relação desarmônica – parasitismo, na qual um parasita (microrganismo) prejudica seu hospedeiro (animal), pois comerá partes do animal, ou absorverá parte dos alimentos ingeridos por ele.

b) Exemplo de duas interações harmônicas são o mutualismo e o inquilinismo. O mutualismo é a associação na qual duas espécies vivem juntas com vantagens mútuas e interdependência: uma não pode viver sem a outra. No inquilinismo, uma espécie vive sobre ou dentro de outra sem prejudicá-la.

2. **(ENEM 2016) O nitrogênio é essencial para a vida e o maior reservatório global desse elemento, na forma de N_2, é a atmosfera. Os principais responsáveis por sua incorporação na matéria orgânica são microrganismos fixadores de N_2, que ocorrem de forma livre ou simbiontes com plantas.**

ADUAN, R. E. et al. Os Grandes Ciclos Biogeoquímicos do Planeta. *Planaltina: Embrapa, 2004 (adaptado).*

Animais garantem suas necessidades metabólicas desse elemento pela
a) absorção do gás nitrogênio pela respiração.
b) ingestão de moléculas de carboidratos vegetais.
c) incorporação de nitritos dissolvidos na água consumida.
d) transferência da matéria orgânica pelas cadeias tróficas.
e) protocooperação com microrganismos fixadores de nitrogênio.

RESOLUÇÃO

A questão trata do ciclo do nitrogênio. Somente as bactérias fixadoras são capazes de utilizar diretamente o N_2, mas as plantas podem incorporar essa substância na forma de nitrato (NO_3^-), em moléculas orgânicas nitrogenadas: proteínas e ácidos nucleicos. O nitrato é absorvido diretamente do solo, ou fornecido ao vegetal, por bactérias simbiontes fixadoras de nitrogênio, que vivem em suas raízes. Os animais obtêm nitrogênio a partir de compostos orgânicos nitrogenados, ao se alimentar de vegetais ou de animais herbívoros – ou seja, o nitrogênio sobe pelas cadeias tróficas pela transferência de matéria orgânica.
Resposta: D

3. **(UNEMAT 2016) Ao longo da história da vida na Terra, diferentes organismos traçaram caminhos evolutivos paralelos, estreitando relações de convivência e colaboração. A isso damos o nome de mutualismo. Assinale a alternativa que não representa uma associação mutualística.**
a) Algas e fungos nos liquens.
b) Onça e capivara.
c) Bactérias e ruminantes.
d) Protozoários e cupins.
e) Coral e zooxantelas.

RESOLUÇÃO

Mutualismo é uma relação na qual ambas as espécies se beneficiam – ou seja, nenhuma é prejudicada pela relação – e, ao mesmo tempo, uma depende da outra para sobreviver.

Analisando as alternativas:
a) *Incorreta.* Liquens são associações entre algas e fungos, nas quais as algas cedem aos fungos compostos orgânicos e, em troca, recebem deles nutrientes inorgânicos e abrigo em um ambiente úmido, adequado a seu desenvolvimento e à sua sobrevivência. Esta é uma relação mutualística.
b) *Correta.*A onça é predadora da capivara. A capivara é prejudicada com a relação. Portanto, não se trata de relação mutualística.
c) *Incorreta.*Relação mutualística. Bactérias que vivem no estômago de animais ruminantes, como bois, digerem a celulose ingerida no capim. A relação é necessária e benéfica para ambos, já que os animais não têm a enzima necessária para digerir as fibras de celulose. Para as bactérias o benefício está no abrigo e no alimento que o animal fornece para ela.
d) *Incorreta.*De modo semelhante ao que acontece com ruminantes e bactérias, protozoários que vivem dentro do cupim cumprem a tarefa de digerir a celulose da madeira.
e) *Incorreta.*Zooxantelas são algas unicelulares que realizam com o coral uma associação parecida com a que ocorre nos liquens. A alga faz fotossíntese fornecendo alimento para o coral que a abriga.
Resposta: B

4. **(UEL 2016) Leia o trecho a seguir:**
... a vida somente conseguiu se desenvolver às custas de transformar a energia recebida pelo Sol em uma forma útil, ou seja, capaz de manter a organização. Para tal, pagamos um preço alto: grande parte dessa energia é perdida, principalmente na forma de calor.

Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, a relação entre o fluxo unidirecional de energia e o calor dissipado na cadeia alimentar.

a) A quantidade de energia disponível é maior, quanto mais distante o organismo estiver do início da cadeia alimentar.

b) A quantidade de energia disponível é maior, quanto mais próximo o organismo estiver do início da cadeia alimentar.

c) A quantidade de energia disponível é maior, quanto mais transferência ocorrer de um organismo para outro na cadeia alimentar.

d) A quantidade de energia disponível é menor, quanto menos organismos houver ao longo da cadeia alimentar.

e) A quantidade de energia disponível é menor, quanto mais próximo o organismo estiver do início da cadeia alimentar.

RESOLUÇÃO

A questão trata do conceito de pirâmide de energia. Ao longo da cadeia alimentar a energia vai sendo transferida de um nível trófico ao seguinte, por meio da alimentação. Os organismos produtores ocupam o início da cadeia alimentar, nível no qual há maior quantidade de energia disponível. Quanto mais distante o nível trófico estiver dos produtores, menor a quantidade de energia. Isso se explica pelo fato de que, a cada nível trófico, os organismos consomem parte da energia adquirida da alimentação para realizar o metabolismo.

Resposta: B

5. **(UFRGS 2016)** **Considere as seguintes afirmações sobre níveis tróficos.**

I. Os herbívoros alimentam-se de organismos que se encontram em vários níveis tróficos.

II. Os detritívoros, por se alimentarem de restos de outros organismos, não fazem parte das cadeias alimentares.

III. A principal fonte de energia dos organismos produtores é a energia solar.

Quais estão corretas?

a) Apenas I.

b) Apenas III.

c) Apenas I e II.

d) Apenas II e III.

e) I, II e III.

RESOLUÇÃO

Analisando as proposições:

I. *Incorreta*. Herbívoros são animais que se alimentam de vegetais, e estes são organismos produtores, que constituem o primeiro nível trófico de uma cadeia alimentar. Os herbívoros são consumidores primários, ocupando o segundo nível trófico da cadeia alimentar.

II. *Incorreta*. Os animais detritívoros são muito importantes, pois fazem a reciclagem da matéria orgânica e, assim como os demais organismos decompositores, fazem parte das teias alimentares.

III. *Correta*. A maioria dos organismos produtores é fotossintetizante – ou seja, utiliza a luz solar como fonte de energia. Uma pequena parte das bactérias autótrofas realiza quimiossíntese, sintetizando matéria orgânica com a energia proveniente de uma reação de oxidação que libera energia.

Resposta: B

RESUMO

Ecologia

CONCEITOS BÁSICOS **População** é o conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que ocupa determinada região geográfica (o planeta, um continente ou uma ilha). **Comunidade** é o conjunto de todas as espécies que ocupam um ecossistema (peixes, moluscos e plantas aquáticas). **Ecossistema** é o conjunto da comunidade e das partes não biológicas de uma região. **Hábitat** é a região ocupada por determinada espécie. **Bioma** é uma região que apresenta certa homogeneidade nas condições climáticas (normalmente, definidas em razão da vegetação). Um bioma costuma reunir vários ecossistemas. **Biosfera** é o conjunto de biomas do planeta.

NICHO ECOLÓGICO É o modo como cada população usa os recursos do ecossistema e o papel que nele representa. Quando duas espécies ocupam o mesmo nicho ecológico, significa dizer que elas disputam (competem) pelas mesmas condições de sobrevivência (fontes de energia).

FLUXO DE ENERGIA **Cadeia alimentar** é um esquema que indica o **sentido** em que a energia percorre, do Sol até os organismos predadores de determinado ecossistema. Cada degrau da cadeia é chamado de nível trófico. Dependendo do **nível trófico** em que se encontra, um organismo é classificado como: **produtor** (faz a fotossíntese), **consumidor primário** (herbívoros), **consumidor secundário** (carnívoros). **Teia alimentar** é um mapa mais detalhado do **caminho** que a energia segue num ecossistema, incluindo todos os seres envolvidos (como diversas espécies predadoras de uma população e os organismos **decompositores**, que reciclam a matéria orgânica). Quanto mais alto o nível trófico, menor é a energia disponível e, portanto, menor é a biomassa.

PIRÂMIDES A **pirâmide de energia** representa as relações entre os níveis tróficos e a energia disponível, ao longo de uma cadeia alimentar. Quanto mais alto o nível, menor a quantidade de energia. A **pirâmide de biomassa** mostra a quantidade de biomassa disponível em cada nível trófico. Quanto mais alto o nível, menor essa quantidade. A exceção é a pirâmide de biomassa da cadeia alimentar oceânica, na qual os fitoplânctons, na base da pirâmide, têm massa menor que o nível trófico seguinte, dos zooplânctons. A **pirâmide de números** estabelece a relação entre o número de indivíduos a cada nível trófico.

RELAÇÕES ENTRE SERES VIVOS **Relações harmônicas** são as que beneficiam os dois lados ou, ao menos, não prejudicam nenhum dos organismos envolvidos (colônias, sociedades, mutualismo, inquilinismo, cooperação). **Relações desarmônicas** (parasitismo, competição, predatismo, canibalismo e amensalismo) são aquelas em que pelo menos um organismo é prejudicado por outro. A interferência humana nessas relações provoca um desequilíbrio no ambiente, que pode ter reflexos nos ciclos biogeoquímicos.

material baixado do site
VESTGEEK vestgeek.vestsoft.com.br
acesse

RAIO-X

DECIFRE OS ENUNCIADOS E VEJA AS CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DAS QUESTÕES QUE CAEM NAS PROVAS

ENEM 2015

Um pesquisador percebe que o rótulo de um dos vidros em que guarda um concentrado de enzimas digestivas está ilegível. Ele não sabe qual enzima o vidro contém, mas desconfia que seja uma protease gástrica, que age no estômago digerindo proteínas. Sabendo que a digestão no estômago é ácida[1] e no intestino é básica, ele monta cinco tubos de ensaio com alimentos diferentes, adiciona o concentrado de enzimas em soluções com pH[2] determinado e aguarda para ver se a enzima age em algum deles. O tubo de ensaio em que a enzima deve agir para indicar que a hipótese do pesquisador está correta é aquele que contém

a) cubo de batata em solução com pH = 9.
b) pedaço de carne em solução com pH = 5.
c) clara de ovo cozida em solução com pH = 9.
d) porção de macarrão em solução com pH = 5.
e) bolinha de manteiga em solução com pH = 9.

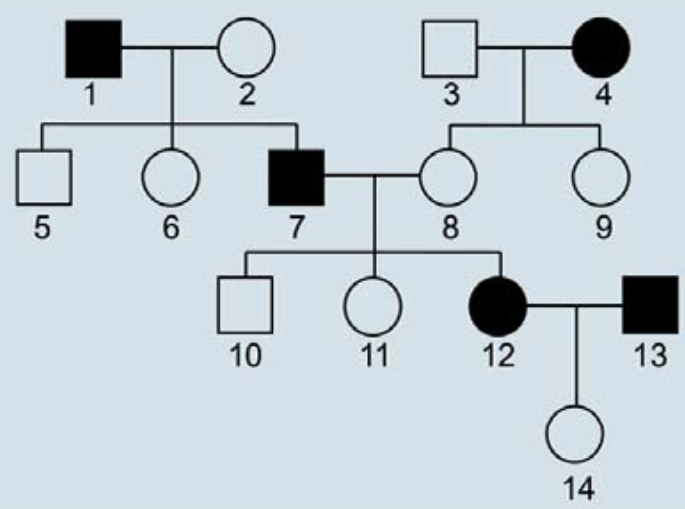
1 O enunciado cobra atenção e capacidade de compreensão de texto – o que, aliás, vai ajudá-lo a encontrar a resposta correta. Por exemplo, este trecho informa que o meio em que a digestão ocorre, no estômago, é ácido, e no intestino, básico.

2 É cada vez maior o número de questões no Enem e em outras provas de vestibular que associam conhecimentos de diferentes disciplinas. Neste caso, além de dominar conhecimentos de fisiologia humana, você deve se lembrar, também, do conceito de acidez e saber interpretar os valores de pH, temas próprios da química.

DICAS PARA A RESOLUÇÃO *Se você souber interpretar os valores de pH das soluções, já descartará três alternativas. Para se decidir entre as duas que restam você deve identificar as substâncias básicas que constituem cada alimento (proteínas, gorduras e amido) e ter em mente em que trecho do tubo digestório cada uma dessas substâncias é digerida (estômago, intestino, boca etc.). A alternativa correta é a B. Veja a resolução detalhada na pág. 141.*

FAMERP 2015

Analise o heredograma[1], no qual os indivíduos afetados por uma característica genética estão indicados pelos símbolos escuros.



Considerando que tal característica é condicionada por apenas um par de alelos autossômicos[2], é correto afirmar que

a) os indivíduos 2, 3 e 8 apresentam genótipo dominante.
b) os indivíduos 1, 4, 7, 12 e 13 apresentam genótipo recessivo.
c) nenhum dos indivíduos do heredograma apresenta genótipo recessivo.
d) nenhum dos indivíduos do heredograma apresenta genótipo homozigoto dominante.
e) trata-se de uma característica homozigota e dominante.

1 É preciso saber ler os símbolos usados na biologia. Um heredograma é um esquema que reproduz fenótipos ao longo de uma árvore genealógica. E dele conseguimos obter informações sobre a transmissão de uma característica genética e o genótipo de cada indivíduo. Os quadrados costumam representar homens e os círculos, mulheres. Além disso, as figuras escuras representam indivíduos com a característica a ser analisada.

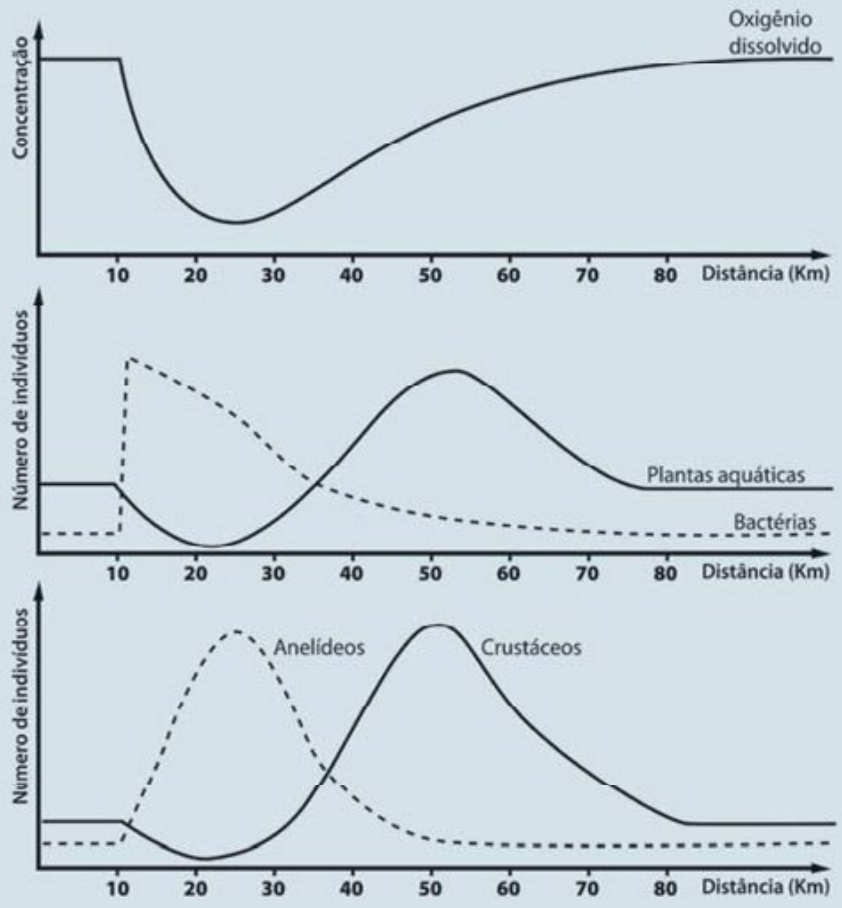
2 Em todo o enunciado os examinadores cobram conhecimentos específicos da disciplina. Aqui, por exemplo, você deve saber que, se os alelos são autossômicos, então a característica não é ligada ao sexo. Neste caso, você não precisa se preocupar se a característica aparece em homens ou em mulheres.

DICAS PARA A RESOLUÇÃO

Identifique o melhor ponto do heredograma para começar a análise. Neste caso, o ideal é começar pelo final do heredograma: indivíduos 12 e 13, que apresentam ambos a característica, mas têm uma filha (14) sem a característica. A partir daí, você descobre se a característica é transmitida por gene dominante ou recessivo e define o genótipo dos demais indivíduos. A alternativa correta é a D. Veja a resolução detalhada na pág. 139.

FATEC SÃO PAULO 2015

Os gráficos[1] a seguir representam a variação de um conjunto de parâmetros químicos e biológicos ao longo do percurso de um rio. A 10 km da nascente desse rio, ocorre uma descarga contínua de poluição orgânica, que gera um processo de eutrofização.



Analisando os dados contidos nos três gráficos, é correto concluir que

a) o rio permanece eutrofizado ao longo de todo o trecho representado.

b) a população de anelídeos é a única a não sofrer alteração com a descarga de poluentes.

c) as bactérias representadas são aeróbicas, pois o aumento de sua população gera a redução do oxigênio dissolvido.

d) o aumento da população de plantas aquáticas está relacionado[2] ao aumento das populações de anelídeos e crustáceos.

e) o mesmo processo de recuperação poderia ocorrer naturalmente em um lago que também recebesse descarga contínua de poluentes orgânicos.

1 Você está acostumado a ler gráficos em física e matemática. Mas é bom treinar porque saber interpretá-los é competência cobrada também em outras disciplinas. Nesta questão, é preciso compreender a evolução de cada um dos parâmetros, associando valores nos eixos *x* e *y*.

2 Ao associar dados apresentados em gráficos diferentes, você demonstra sua capacidade de estabelecer relações entre informações apresentadas separadamente.

DICAS PARA A RESOLUÇÃO

Esta é uma típica questão em que você tem de analisar todas as alternativas para encontrar a correta. Leia cada uma das proposições e procure o gráfico correspondente. Além de saber interpretar a variação dos parâmetros indicados em cada gráfico, você deve conhecer bem o processo descrito, de eutrofização, e suas consequências ao longo da cadeia alimentar. Atenção para a alternativa **c**, *que exige que você encontre em dois gráficos diferentes os pontos coincidentes – aumento de bactérias, redução de oxigênio. E para a alternativa* **d**, *que associa três parâmetros diferentes. A afirmação pode ser correta para um desses parâmetros, mas não para outro. Por fim, repare que a alternativa* **e** *pode ser descartada apenas com o uso da lógica. A alternativa correta é a* **c**. *Veja a resolução detalhada na pág. 146.*

UNICAMP 2015

O vírus Ebola foi isolado em 1976, após uma epidemia de febre hemorrágica ocorrida em vilas do noroeste do Zaire, perto do Rio Ebola. Esse vírus está associado a um quadro de febre hemorrágica extremamente letal, que acomete as células hepáticas e o sistema retículo endotelial. O surto atual na África Ocidental (cujos primeiros casos foram notificados em março de 2014) é o maior e mais complexo desde a descoberta do vírus. Os morcegos são considerados um dos reservatórios naturais do vírus. Sabe-se que a fábrica onde surgiram os primeiros casos dos surtos de 1976 e 1979 era o hábitat de vários morcegos. Hoje o vírus é transmitido de pessoa para pessoa.

a) Como é a estrutura de um vírus[1]? Dê exemplo de duas zoonoses virais.

b) Compare[2] as formas de transmissão do vírus Ebola e do vírus da gripe.

1 Ao pedir informações objetivas, a intenção é avaliar seu conhecimento específico da matéria. Seja objetivo na resposta.

2 Em questões que pedem respostas dissertativas, principalmente quando se pede uma comparação, os examinadores querem verificar também sua competência em ler, interpretar e escrever.

DICAS PARA A RESOLUÇÃO *Antes de se deter em detalhes do enunciado, veja o que é pedido nas questões, e só depois volte ao texto para uma releitura. Datas e locais costumam interessar pouco neste tipo de questão. Informações mais objetivas e proveitosas são aquelas que dizem respeito diretamente à biologia, como o papel dos morcegos na epidemia de Ebola e a transmissão de pessoa a pessoa.* *Veja a resolução detalhada na pág. 137.*

SIMULADO

QUESTÕES SELECIONADAS ENTRE OS MAIORES VESTIBULARES DO PAÍS COM RESPOSTAS COMENTADAS

CAPÍTULO 1

1. (Uerj 2015)

As principais reservas de energia dos mamíferos são, em primeiro lugar, as gorduras e, em segundo lugar, um tipo de açúcar, o glicogênio. O glicogênio, porém, tem uma vantagem, para o organismo, em relação às gorduras. Essa vantagem está associada ao fato de o glicogênio apresentar, no organismo, maior capacidade de:

a) sofrer hidrólise
b) ser compactado
c) produzir energia
d) solubilizar-se em água

2. (Udesc 2015)

Dezenas de milhões de átomos de elementos químicos unem-se e formam os diferentes compostos orgânicos que constituem os seres vivos. Proteínas, glicídios e ácidos nucleicos são exemplos destes compostos orgânicos. Em relação a estes compostos, analise as proposições.

I. Proteínas são compostos orgânicos constituídos por carbono, hidrogênio e oxigênio.
II. Nitrogênio é um elemento comum tanto às proteínas quanto aos ácidos nucleicos.
III. Um elemento fundamental na composição de glicídios, como a glicose e a frutose, é o nitrogênio.
IV. Algumas proteínas podem apresentar em sua composição metais, a exemplo, o ferro ou o magnésio.

Assinale a alternativa correta.
a) Se as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.
b) Se as afirmativas II e IV são verdadeiras.
c) Se as afirmativas I e III são verdadeiras.
d) Se as afirmativas II e IV são verdadeiras.
e) Se as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.

3. (Unifesp 2015)

Alguns antibióticos são particularmente usados em doenças causadas por bactérias. A tetraciclina é um deles; sua ação impede que o RNA transportador (RNAt) se ligue aos ribossomos da bactéria, evitando a progressão da doença.

a) Que processo celular é interrompido pela ação da tetraciclina? Qual é o papel do RNAt nesse processo?
b) Em que local, na bactéria, ocorre a síntese do RNAt? Cite dois outros componentes bacterianos encontrados nesse mesmo local.

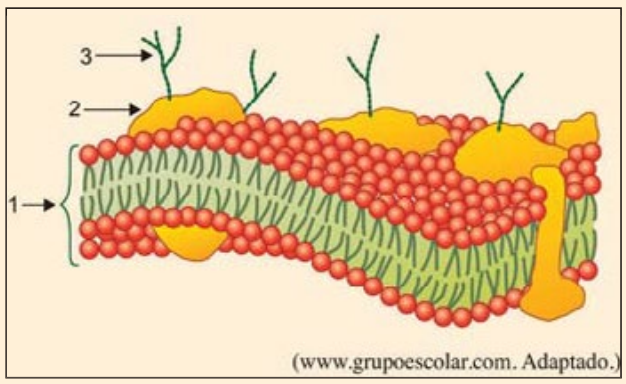
4. (Enem 2014)

Segundo a teoria evolutiva mais aceita hoje, as mitocôndrias, organelas celulares responsáveis pela produção de ATP em células eucariotas, assim como os cloroplastos, teriam sido originados de procariontes ancestrais que foram incorporados por células mais complexas. Uma característica da mitocôndria que sustenta essa teoria é a

a) capacidade de produzir moléculas de ATP.
b) presença de parede celular semelhante à de procariontes.
c) presença de membranas envolvendo e separando a matriz mitocondrial do citoplasma.
d) capacidade de autoduplicação dada por DNA circular próprio semelhante ao bacteriano.
e) presença de um sistema enzimático eficiente às reações químicas do metabolismo aeróbio.

5. (Famerp 2015)

A figura ilustra a organização molecular de uma membrana plasmática. Os números 1, 2 e 3 indicam seus principais componentes.



(www.grupoescolar.com. Adaptado.)

As moléculas dos gases respiratórios, oxigênio e dióxido de carbono, entram e saem das células pelo processo de
a) difusão simples, através do componente 1.
b) difusão facilitada, através do componente 2.
c) transporte passivo, através do componente 3.
d) transporte ativo, através do componente 1.
e) osmose, através do componente 2.

6. (Enem 2014)

A estratégia de obtenção de plantas transgênicas pela inserção de transgenes em cloroplastos, em substituição à metodologia clássica de inserção do transgene no núcleo da célula hospedeira, resultou no aumento quantitativo da produção de proteínas recombinantes com diversas finalidades biotecnológicas. O mesmo tipo de estratégia poderia ser utilizada para produzir proteínas

recombinantes em células de organismos eucarióticos não fotossintetizantes, como as leveduras, que são usadas para produção comercial de várias proteínas recombinantes e que podem ser cultivadas em grandes fermentadores. Considerando a estratégia metodológica descrita, qual organela celular poderia ser utilizada para inserção de transgenes em leveduras?

a) Lisossomo.
b) Mitocôndria.
c) Peroxissomo.
d) Complexo golgiense.
e) Retículo endoplasmático.

7. (UEL 2015)

Leia o texto a seguir.

Quando se fala em divisão celular, não valem as regras matemáticas: para uma célula, dividir significa duplicar. A célula se divide ao meio, mas antes duplica o programa genético localizado em seus cromossomos. Isso permite que cada uma das células-filhas reconstitua tudo o que foi dividido no processo.

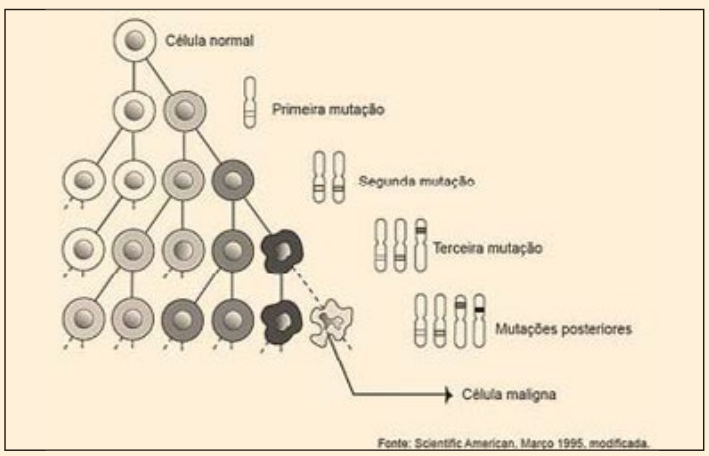
AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Biologia. *v.1. São Paulo: Moderna, 1994. p.203.*

Considerando uma célula haploide com 8 cromossomos (n = 8), assinale a alternativa que apresenta, corretamente, a constituição cromossômica dessa célula em divisão na fase de metáfase da mitose.

a) 8 cromossomos distintos, cada um com 1 cromátide.
b) 8 cromossomos distintos, cada um com 2 cromátides.
c) 8 cromossomos pareados 2 a 2, cada um com 1 cromátide.
d) 8 cromossomos pareados 2 a 2, cada um com 2 cromátides.
e) 8 cromossomos pareados 4 a 4, cada um com 2 cromátides.

8. (UFMG 2014)

O arsênio está entre os elementos mais nocivos à saúde humana. Em concentrações elevadas (>10 µg/L de água potável), segundo a Organização Mundial da Saúde, pode provocar vários tipos de cânceres, como o de pele, pâncreas e pulmão. Analise o esquema.



Com base nas informações do esquema e em outros conhecimentos sobre o assunto, faça o que se pede.
a) Cite a divisão celular envolvida no processo. Justifique.
b) As mutações representadas ocorreram antes ou depois da duplicação do DNA?

9. (Unicamp 2015)

O vírus Ebola foi isolado em 1976, após uma epidemia de febre hemorrágica ocorrida em vilas do noroeste do Zaire, perto do Rio Ebola. Esse vírus está associado a um quadro de febre hemorrágica extremamente letal, que acomete as células hepáticas e o sistema retículo endotelial. O surto atual na África Ocidental (cujos primeiros casos foram notificados em março de 2014) é o maior e mais complexo desde a descoberta do vírus. Os morcegos são considerados um dos reservatórios naturais do vírus. Sabe-se que a fábrica onde surgiram os primeiros casos dos surtos de 1976 e 1979 era o habitat de vários morcegos. Hoje o vírus é transmitido de pessoa para pessoa.

a) Como é a estrutura de um vírus? Dê exemplo de duas zoonoses virais.
b) Compare as formas de transmissão do vírus Ebola e do vírus da gripe.

10. (Enem 2014)

Milhares de pessoas estavam morrendo de varíola humana no final do século XVIII. Em 1796, o médico Edward Jenner (1749-1823) inoculou em um menino de 8 anos o pus extraído de feridas de vacas contaminadas com o vírus de varíola bovina, que causa uma doença branda em humanos. O garoto contraiu uma infecção benigna e, dez dias depois, estava recuperado. Meses depois, Jenner inoculou, no mesmo menino, o pus varioloso humano, que causava muitas mortes. O menino não adoeceu.

Disponível em: www.bbc.co.uk. Acesso em: 5 dez. 2012, adaptado.

Considerando o resultado do experimento, qual a contribuição desse médico para a saúde humana?
a) A prevenção de diversas doenças infectocontagiosas em todo o mundo.
b) A compreensão de que vírus podem se multiplicar em matéria orgânica.
c) O tratamento para muitas enfermidades que acometem milhões de pessoas.
d) O estabelecimento da ética na utilização de crianças em modelos experimentais.
e) A explicação de que alguns vírus de animais podem ser transmitidos para os humanos.

CAPÍTULO 2

11. (Unifesp 2015)

Charles Darwin explicou o mecanismo evolutivo por meio da ação da seleção natural sobre a variabilidade dos organismos, mas não encontrou uma explicação adequada para a origem dessa variabilidade. Essa questão, no entanto, já havia sido trabalhada anos antes por Gregor Mendel e, em 2015, comemoram-se os 150 anos da publicação de seus resultados, conhecidos como Leis de Mendel.

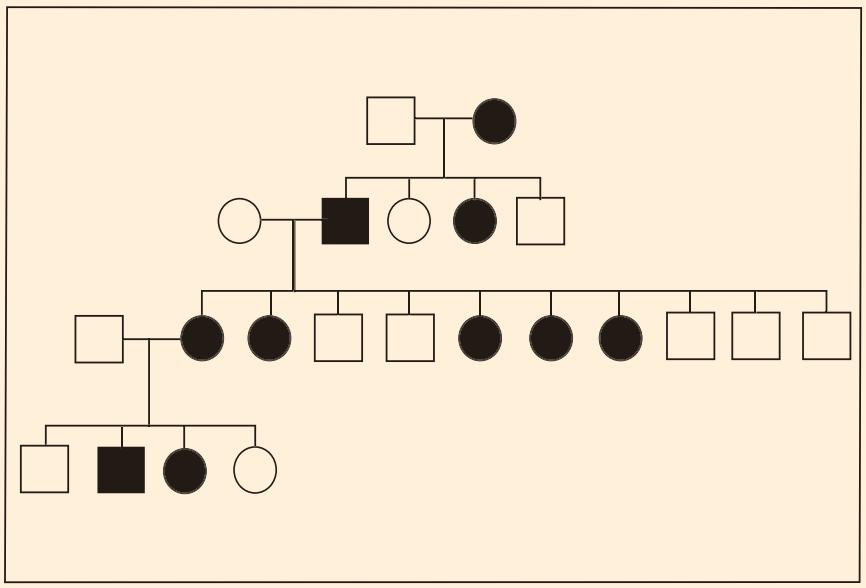
a) A que se refere à Segunda Lei de Mendel? Por que ela explica o surgimento da variabilidade dos organismos?
b) Cite e explique um outro processo que também tenha como resultado a geração de variabilidade no nível genético.

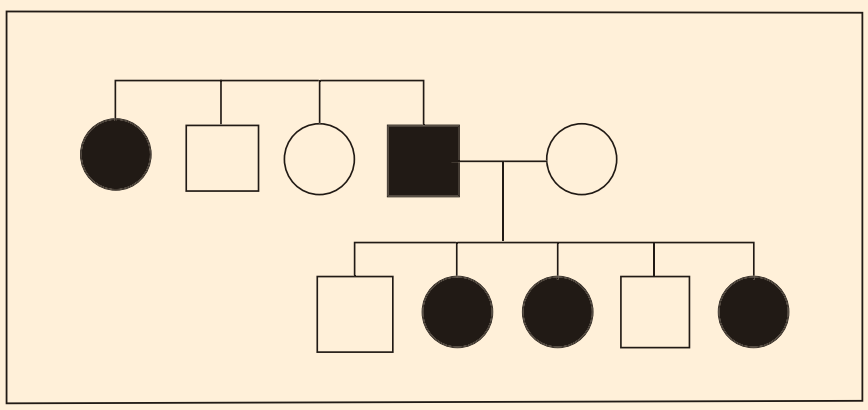
12. (Unesp 2014)

Dois casais, Rocha e Silva, têm, cada um deles, quatro filhos. Quando consideramos os tipos sanguíneos do sistema ABO, os filhos do casal Rocha possuem tipos diferentes entre si, assim como os filhos do casal Silva. Em um dos casais, marido e mulher têm tipos sanguíneos diferentes, enquanto que no outro casal marido e mulher têm o mesmo tipo sanguíneo. Um dos casais tem um filho adotivo, enquanto que no outro casal os quatro filhos são legítimos. Um dos casais teve um par de gêmeos, enquanto que no outro casal os quatro filhos têm idades diferentes. Considerando-se os tipos sanguíneos do sistema ABO, é correto afirmar que,

a) se o casal Silva tem o mesmo tipo sanguíneo, foram eles que adotaram um dos filhos.
b) se o casal Rocha tem tipos sanguíneos diferentes, foram eles que adotaram um dos filhos.
c) se o casal Silva tem tipos sanguíneos diferentes, eles não são os pais do par de gêmeos.
d) se o casal Rocha tem o mesmo tipo sanguíneo, eles não são os pais do par de gêmeos.
e) se o casal que adotou um dos filhos é o mesmo que teve um par de gêmeos, necessariamente marido e mulher têm diferentes tipos sanguíneos.

13. (Enem 2014)



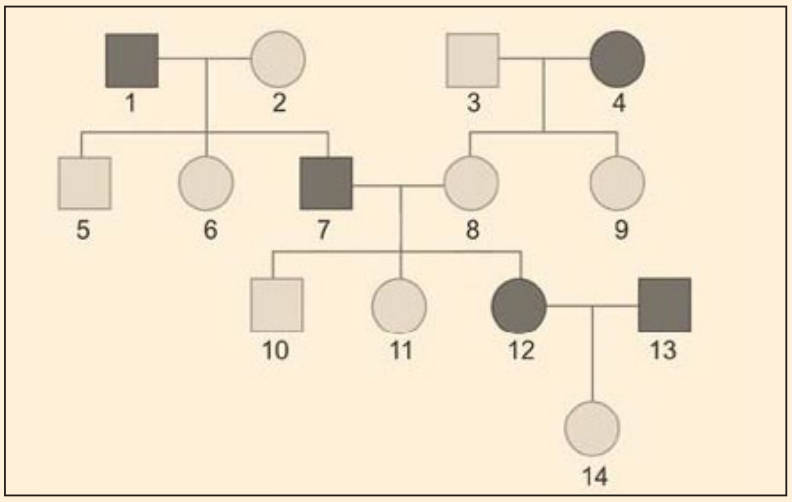


No heredograma, os símbolos preenchidos representam pessoas portadoras de um tipo raro de doença genética. Os homens são representados pelos quadrados e as mulheres, pelos círculos. Qual é o padrão de herança observado para essa doença?

a) Dominante autossômico, pois a doença aparece em ambos os sexos.
b) Recessivo ligado ao sexo, pois não ocorre a transmissão do pai para os filhos.
c) Recessivo ligado ao Y, pois a doença é transmitida dos pais heterozigotos para os filhos.
d) Dominante ligado ao sexo, pois todas as filhas de homens afetados também apresentam a doença.
e) Codominante autossômico, pois a doença é herdada pelos filhos de ambos os sexos, tanto do pai quanto da mãe.

14. (Famerp 2015)

Analise o heredograma, no qual os indivíduos afetados por uma característica genética estão indicados pelos símbolos escuros.



Considerando que tal característica é condicionada por apenas um par de alelos autossômicos, é correto afirmar que

a) os indivíduos 2, 3 e 8 apresentam genótipo dominante.
b) os indivíduos 1, 4, 7, 12 e 13 apresentam genótipo recessivo.
c) nenhum dos indivíduos do heredograma apresenta genótipo recessivo.
d) nenhum dos indivíduos do heredograma apresenta genótipo homozigoto dominante.
e) trata-se de uma característica homozigota e dominante.

15. (PUC 2015)

No loco referente ao sistema sanguíneo ABO, há três formas, normalmente representadas por IA, IB e i. Da combinação dessas formas há seis genótipos possíveis na população humana. Com relação a esse sistema sanguíneo foram feitas cinco afirmações. Assinale a única incorreta.

a) Trata-se de um caso de alelos múltiplos e cada pessoa normal só poderá apresentar, no máximo, duas dessas formas.
b) Pessoas que apresentam simultaneamente as formas IA e IB têm aglutinogênios ou antígenos A e B em suas hemácias.
c) Uma mulher do grupo A heterozigota poderá ter com um homem do grupo B também heterozigoto filhos dos grupos A, B, AB e O.
d) Pessoas com genótipo ii poderão receber, sem problemas de aglutinação, hemácias de pessoas pertencentes aos grupos A e B.
e) Um casal que pertence ao grupo AB não poderá ter filhos do grupo O.

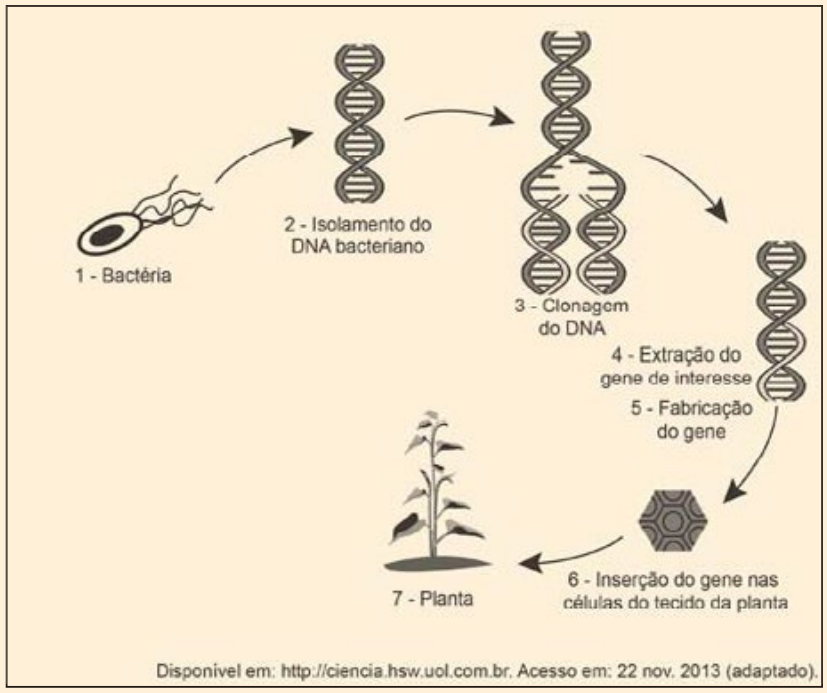
16. (Mackenzie 2014)

Um homem destro e daltônico casa-se com uma mulher destra e de visão normal para cores. O casal tem uma filha canhota e daltônica. A probabilidade de esse casal ter uma criança não daltônica e destra é de

a) 3/8
b) 3/16
c) 1/4
d) 9/16
e) 1/16

17. (Enem 2014)

Em um laboratório de genética experimental, observou-se que determinada bactéria continha um gene que conferia resistência a pragas específicas de plantas. Em vista disso, os pesquisadores procederam de acordo com a figura.



(Disponível em http://ciencia.hsw.uol.com.br. Acesso em: 22 nov. 2013, adaptado)

Do ponto de vista biotecnológico, como a planta representada na figura é classificada?

a) Clone.
b) Híbrida.
c) Mutante.
d) Adaptada.
e) Transgênica.

CAPÍTULO 3

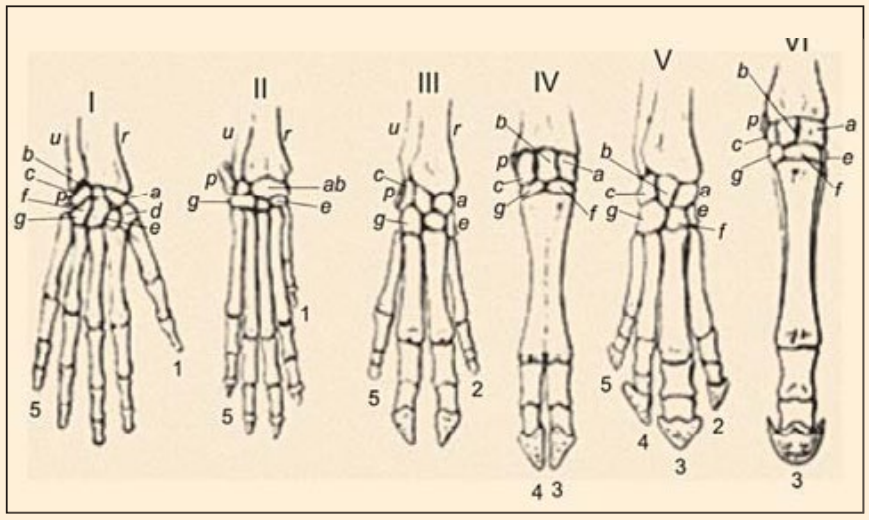
18. (Unicamp 2015)

Os fósseis são uma evidência de que nosso planeta foi habitado por organismos que já não existem atualmente, mas que apresentam semelhanças com organismos que o habitam hoje.

a) Por que espécies diferentes apresentam semelhanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas?
b) Cite quatro características que todos os seres vivos têm em comum.

19. (FGV 2015)

As estruturas ilustram os ossos das mãos ou patas anteriores de seis espécies de mamíferos, não pertencentes obrigatoriamente ao mesmo ecossistema.



http://en.wikipedia.org

A transformação evolutiva de tais estruturas, ao longo das gerações, ocorre em função _____ e indicam uma evidência evolutiva denominada _____.
Assinale a alternativa que preenche, correta e respectivamente, as lacunas do parágrafo anterior.

a) da variabilidade genética ... paralelismo evolutivo
b) da maior ou menor utilização das mesmas ... analogia
c) do ambiente a ser ocupado ... coevolução
d) da seleção natural ... homologia
e) de eventuais mutações genéticas ... convergência adaptativa

20. (Unesp 2015)

Considere a afirmação feita por Charles Darwin em seu livro publicado em 1859, *A Origem das Espécies*, sobre a transmissão hereditária das características biológicas:
"Os fatos citados no primeiro capítulo não permitem, creio eu, dúvida alguma sobre este ponto: que o uso, nos animais domésticos, reforça e desenvolve certas partes, enquanto o não uso as diminui; e, além disso, que estas modificações são hereditárias".
É correto afirmar que, à época da publicação do livro, Darwin

a) estava convencido de que as ideias de Lamarck sobre hereditariedade estavam erradas, e não aceitava a explicação deste sobre a transmissão hereditária das características adaptativas.
b) concordava com Lamarck sobre a explicação da transmissão hereditária das características biológicas, embora discordasse deste quanto ao mecanismo da evolução.
c) havia realizado experimentos que comprovavam a Lei do Uso e Desuso e a Lei da Transmissão Hereditária dos Caracteres Adquiridos, conhecimento esse posteriormente incorporado por Lamarck à sua teoria sobre a evolução das espécies.
d) já propunha as bases da explicação moderna sobre a hereditariedade, explicação essa posteriormente confirmada pelos experimentos de Mendel.
e) conhecia as explicações de Mendel sobre o mecanismo da hereditariedade, incorporando essas explicações à sua teoria sobre a evolução das espécies por meio da seleção natural.

21. (UEL 2015)

De acordo com a hipótese heterotrófica, o primeiro ser vivo do planeta Terra obtinha energia para seu metabolismo por meio de um processo adequado às condições existentes na atmosfera primitiva. Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, a sequência ordenada dos processos energéticos, desde o surgimento do primeiro ser vivo no planeta.

a) Fotossíntese, respiração aeróbica, fermentação
b) Respiração aeróbica, fermentação e fotossíntese
c) Respiração aeróbica, fotossíntese e fermentação
d) Fermentação, fotossíntese e respiração aeróbica
e) Fermentação, respiração aeróbica e fotossíntese

22. (UCS 2014)

Nos animais, as estruturas corporais que se desenvolvem de forma semelhante durante a vida embrionária, mas que na vida adulta podem desempenhar funções diferentes, são chamadas de órgãos_____, como é o caso da asa de uma ave e a nadadeira de um golfinho. Já órgãos que desempenham funções semelhantes, mas que possuem origem embrionária diferentes são chamados de_____, como é o caso das asas das aves e dos insetos: ambos estão adaptados à função de voar. Esse processo evolutivo que leva duas espécies, um tanto diferentes, como é o caso das aves e dos insetos, a apresentarem uma estrutura semelhante com a mesma função, é chamado de _____ evolutiva.

Assinale a alternativa que completa correta e respectivamente as lacunas acima.

a) homólogos; análogos; convergência
b) divergentes; convergentes; deriva
c) homólogos; divergentes; divergência
d) análogos; convergentes; divergência
e) análogos; homólogos; convergência

23. (Udesc 2015)

Ao publicar *A Origem das Espécies por Meio da Seleção Natural* (1859), Charles Darwin lançou as bases da Teoria da Evolução. Em 1883 August Weismann refutou a herança das características adquiridas, contidas na obra de Darwin. Em 1894, o naturalista inglês, George J. Romanes cunhou o termo Neodarwinismo para este novo tipo de darwinismo, sem a herança das características hereditárias. Atualmente, de maneira errônea, usa-se o termo Neodarwinismo como sinônimo de Teoria Sintética da Evolução, síntese do pensamento evolucionista. Analise as proposições em relação à Teoria Sintética da Evolução e a seus pressupostos.

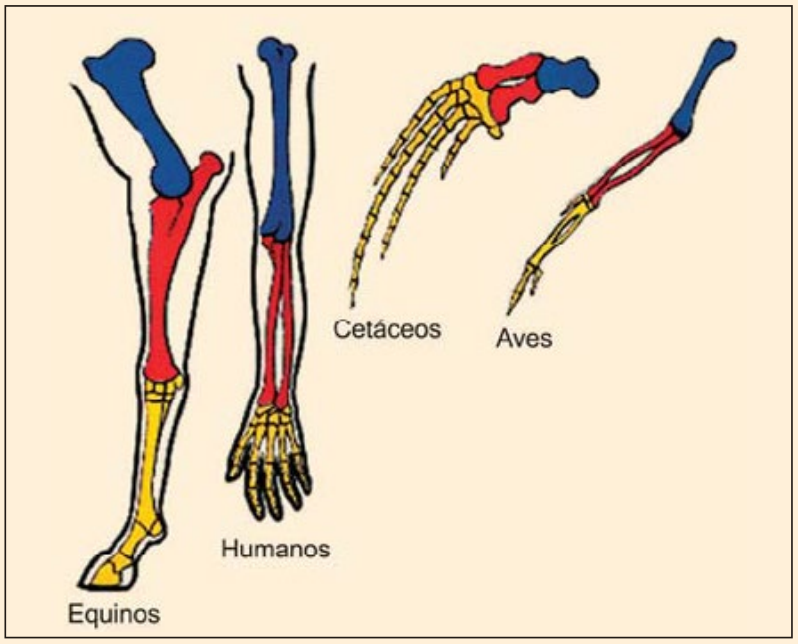
I. A evolução pode ser explicada por mutações e pela recombinação genética orientadas pela seleção natural.
II. As mudanças impostas pelo ambiente no indivíduo são agregadas ao seu genótipo e transmitidas aos seus descendentes.
III. O fenômeno evolutivo pode ser explicado de modo consistente por mecanismos genéticos conhecidos.
IV. O uso de determinadas partes do organismo faz com que estas tenham um desenvolvimento maior.
V. A recombinação gênica não aumenta a variabilidade dos genótipos, pois atua em nível de fenótipos.

Assinale a alternativa correta.

a) Se as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
b) Se as afirmativas I e III são verdadeiras.
c) Se as afirmativas III e V são verdadeiras.
d) Se as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.
e) Se as afirmativas II, III e V são verdadeiras.

24. (Famerp 2015)

O estudo científico dos processos evolutivos é fundamentado em análises criteriosas de características observadas em diferentes grupos de seres vivos. A figura ilustra os ossos constituintes dos membros anteriores de quatro grupos de vertebrados.



www.brasilescola.com. Adaptado

As colorações utilizadas nos desenhos dos ossos representam estruturas

a) diferenciadas na função, indicando analogia evolutiva.
b) transformadas fenotipicamente, porém com mesmo genótipo.
c) com a mesma capacidade locomotora, independentemente do ambiente.
d) com a mesma função, indicando o parentesco entre os quatro grupos.
e) com a mesma origem embrionária, indicando homologia evolutiva.

25. (Enem 2014)

Embora seja um conceito fundamental para a biologia, o termo "evolução" pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo evolutivo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas. Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por

a) modificação de características.
b) incremento no tamanho corporal.
c) complexificação de seus sistemas.
d) melhoria de processos e estruturas.
e) especialização para uma determinada finalidade.

26. (UEL 2015)

Leia a tirinha e o texto a seguir.

Disponível em: <www.umsabadoqualquer.com/category/darwin/>, Acesso em 27 jun. 2014

Antes do século XVIII, as especulações sobre a origem das espécies baseavam-se em mitologia e superstições e não em algo semelhante a uma teoria científica testável. Os mitos de criação postulavam que o mundo permanecera constante após sua criação. No entanto, algumas pessoas propuseram a ideia de que a natureza tinha uma longa história de mudanças constantes e irreversíveis.

Adaptado de: HICKMAN, C.P.; ROBERTS, L.; LARSON, A;. Princípios Integrados de Zoologia*, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan 2001, p. 99*

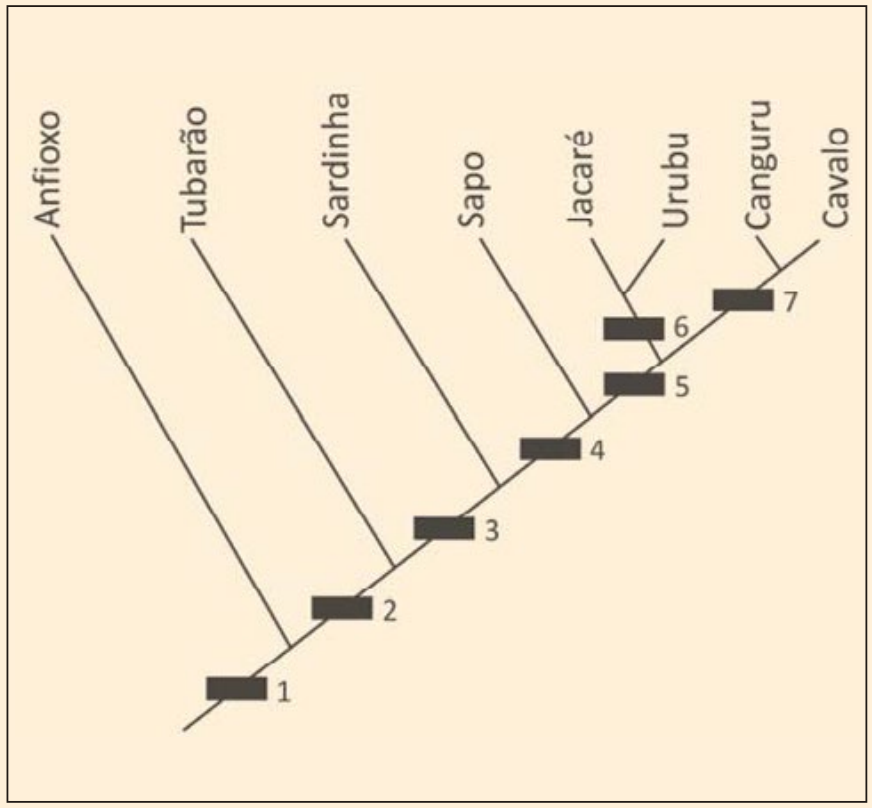
De acordo com a ilustração, o texto e os conhecimentos sobre as teorias de fatores evolutivos, assinale a alternativa correta.

a) A variabilidade genética que surge em cada geração sofre a seleção natural, conferindo maior adaptação à espécie.
b) A variabilidade genética é decorrente das mutações cromossômicas e independe das recombinações cromossômicas.
c) A adaptação é decorrente de um processo de flutuação na sequência alélica ao acaso de uma geração para as seguintes.
d) A adaptação altera a frequência alélica da mutação, resultando na seleção natural de uma população.
e) A adaptação é o resultado da capacidade de os indivíduos de uma mesma população possuírem as mesmas características para deixar descendentes.

CAPÍTULO 4

27. (Fuvest 2015)

Considere a árvore filogenética abaixo.



Essa árvore representa a simplificação de uma das hipóteses para as relações evolutivas entre os grupos a que pertencem os animais exemplificados. Os retângulos correspondem a uma ou mais características que são compartilhadas pelos grupos representados acima de cada um deles na árvore e que não estão presentes nos grupos abaixo deles. A presença de notocorda, de tubo nervoso dorsal, de vértebras e de ovo amniótico corresponde, respectivamente, aos retângulos

a) 1, 2, 3 e 4.
b) 1, 1, 2 e 5.
c) 1, 1, 3 e 6.
d) 1, 2, 2 e 7.
e) 2, 2, 2 e 5.

28. (Enem 2014)

Um pesquisador percebe que o rótulo de um dos vidros em que guarda um concentrado de enzimas digestivas está ilegível. Ele não sabe qual enzima o vidro contém, mas desconfia de que seja uma protease gástrica, que age no estômago digerindo proteínas. Sabendo que a digestão no estômago é ácida e no intestino é básica, ele monta cinco tubos de ensaio com alimentos diferentes, adiciona o concentrado de enzimas em soluções com pH determinado e aguarda para ver se a enzima age em algum deles. O tubo de ensaio em que a enzima deve agir para indicar que a hipótese do pesquisador está correta é aquele que contém

a) cubo de batata em solução com pH = 9.
b) pedaço de carne em solução com pH = 5.
c) clara de ovo cozida em solução com pH = 9.
d) porção de macarrão em solução com pH = 5.
e) bolinha de manteiga em solução com pH = 9.

29. (UFS 2014)

Leia atentamente o texto a seguir.

Os investigadores apontam o dedo a uma legislação que apenas regula a utilização individual de cada químico, ignorando a mistura de pesticidas, uma prática normal no setor agrícola que potencia o efeito tóxico dos compostos utilizados. "Já testamos vários tipos de pesticidas aplicados amplamente em todo o país e na Europa e verificamos que eles produzem efeitos muito mais nefastos do que seria à partida previsível", aponta Susana Loureiro, investigadora no Departamento de Biologia e do Centro de Estudos do Ambiente e do Mar da UA. A coordenadora da equipe diz que organismos como bichos-de-conta (tatuzinho-de-jardim), minhocas e outros invertebrados benéficos para o solo sofrem danos ao nível do sistema nervoso central devido a estresse oxidativo, acabando por morrer ao fim de algumas horas de exposição a misturas de moluscocidas, vulgarmente chamados de "remédio dos caracóis". Esse não seria um efeito previsto, tendo em conta que são organismos não alvo dos moluscocidas.

Disponível em: ‹http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=58476&op=all›. Acesso em: 04 maio 2014, às 23h26min (fins pedagógicos, adaptado).

Sobre os animais ou seu grupo representativo, o texto trata de

a) um filo que apresenta uma classe que não possui rádula, e é composto por animais filtradores.
b) um cnidário que apresenta um sistema nervoso reticular e tem pela primeira vez um arco-reflexo.
c) um anelídeo que apresenta um sistema nervoso peribucal, de onde os nervos partem em forma de raios.
d) um artrópodo cujo corpo é dividido em cabeça, tórax e abdômen, apresentando três pares de patas e respiração traqueal.
e) um anelídeo com sistema excretor protonefridiano e um sistema nervoso ganglionar dorsal.

30. (UEG 2015)

O quadro abaixo apresenta diversificados sintomas observados e não observados de determinada doença com incidência na população humana.

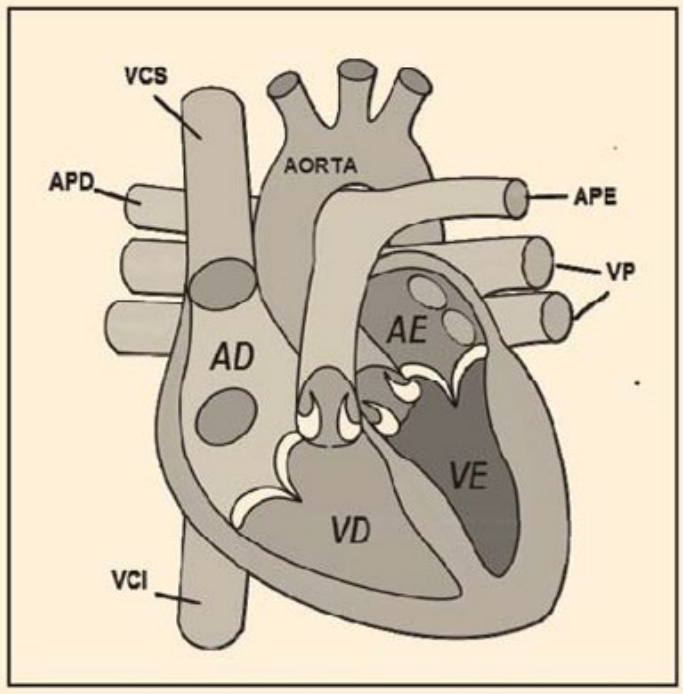
Sintomas frequentemente observados	Sintomas não observados
Febre alta e de início súbito	Muco e catarro
Forte dor de cabeça	Dor de garganta
Dor nos ossos e articulações	Tosse
Mal-estar	Espirro
Cansaço	Secreção nasal
Manchas vermelhas na pele	Melhora em um ou dois dias

Sobre a doença cujos sintomas são correspondentes aos descritos acima, verifica-se que pode se tratar de

a) gripe
b) dengue
c) resfriado
d) alergia

31. (Udesc 2015)

A figura abaixo representa o esquema de um coração humano, no qual estão indicadas algumas de suas estruturas.



VD – Ventrículo Direito
VE – Ventrículo Esquerdo
AD – Átrio Direito
AE – Átrio Esquerdo
VP – Veias Pulmonares
VCS – Veia Cava Superior
VCI – Veia Cava Inferior
APD – Artéria Pulmonar Direita
APE – Artéria Pulmonar Esquerda

Analise as proposições em relação a este órgão.

I. O sangue arterial circula dentro das artérias e o venoso dentro das veias.
II. As artérias pulmonares esquerda e direita conduzem o sangue venoso aos pulmões.
III. O ventrículo direito do coração possui paredes mais espessas do que o ventrículo o esquerdo, pois tem que impulsionar o sangue rico em oxigênio para todo o corpo.
IV. As veias cavas trazem o sangue venoso dos pulmões ao átrio direito do coração.
V. As paredes das veias possuem músculos que auxiliam na impulsão do sangue.

Assinale a alternativa correta.

a) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
b) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
c) Somente a afirmativa II é verdadeira.
d) Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras.
e) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

32. (Unifesp 2015)

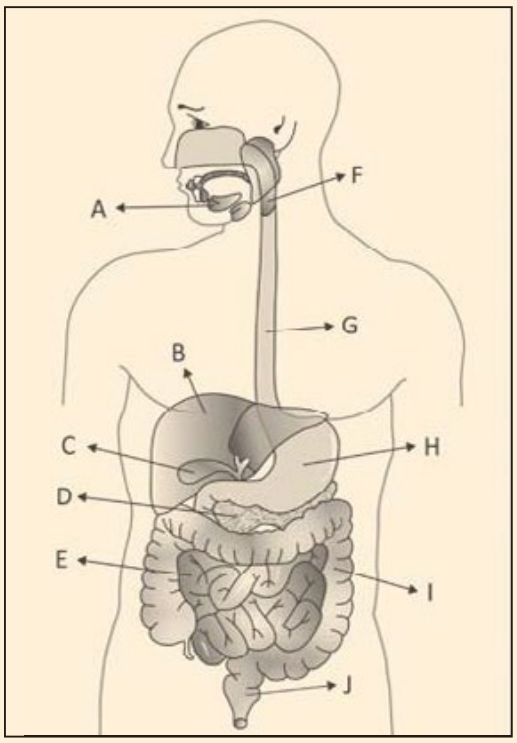
Ao longo da evolução dos metazoários, verifica-se desde a ausência de um sistema excretor específico até a presença de sistemas excretores complexos, caso dos rins dos mamíferos. As substâncias nitrogenadas excretadas variam segundo o ambiente em que os

animais vivem: vários grupos excretam a amônia, que é altamente tóxica para o organismo, enquanto outros eliminam excretas menos tóxicas, como a ureia e o ácido úrico.

a) Correlacione cada tipo de excreta predominante (amônia, ureia ou ácido úrico) com um exemplo de vertebrado que excrete tal substância e o ambiente em que ocorre, se terrestre ou aquático.
b) Cite um grupo animal que não apresenta um sistema excretor específico e explique como se dá a excreção de produtos nitrogenados nessa situação.

33. (Fuvest 2015, adaptada)

A figura abaixo mostra órgãos do sistema digestório humano.



Identifique com a letra correspondente, nomeando-o,
a) o principal órgão responsável pela absorção de nutrientes;
b) o órgão em que se inicia a digestão de proteínas;
c) o órgão que produz substâncias que auxiliam a digestão de gorduras, mas que não produz enzimas.

34. (UFPR 2015)

Leia a notícia abaixo.

Leishmaniose na mira: famosos se unem em campanha contra a eutanásia canina

Uma campanha realizada em conjunto com as ONGs paulistanas Arca Brasil e Ampara Animal tem como objetivo mudar as políticas públicas que dizem respeito à leishmaniose em animais. As indicações atuais são de que todos os cães afetados sejam eutanasiados, muitas vezes sem contar com a chance de tentar um tratamento.

Revista Veja São Paulo.
http://vejasp.abril.com.br/blogs/bichos/2013/08/leishmaniose-eutanasia-campanha-famosos/. 27 ago.2013.

A razão do sacrifício dos cães é que esses animais oferecem riscos à população, pois apresentam o parasita
a) na saliva e pode ser transmitido por meio da mordida.
b) nas fezes e pode ser transmitido pela ingestão de alimentos contaminados.
c) nas fezes e pode ser transmitido pela penetração ativa através da pele.
d) no sangue e pode ser transmitido pela picada de um carrapato.
e) no sangue e pode ser transmitido pela picada de um mosquito

35. (Unesp 2014)

Três pacientes recorreram a um laboratório de análises clínicas para fazer um hemograma, exame que registra informações sobre os componentes celulares do sangue. O paciente 1, bastante pálido, apresentava cansaço constante; o paciente 2 era portador do vírus HIV e apresentava baixa imunidade; o paciente 3 trazia relatos de sangramentos por causa ainda a ser investigada. As fichas de registro, A, B e C, apresentam alguns resultados dos exames desses três pacientes.

Hemograma	Ficha A Valores obtidos	Ficha B Valores obtidos	Ficha C Valores obtidos
Eritograma Valores de referência 4,5 a 6,0 milhões de hemácias/mm^3	5,7	4,95	2,5
Leucograma Valores de referência 4.300 a 10.000 leucócitos/ mm^3	2.300	7.100	6.300
Contagem de plaquetas Valores de referência 150.000 a 450.000 leucócitos/ mm^3	160.000	12.000	270.000

É correto afirmar que as fichas A, B e C correspondem, respectivamente, aos pacientes
a) 3, 1 e 2.
b) 1, 3 e 2.
c) 2, 3 e 1.
d) 1, 2 e 3.
e) 2, 1 e 3.

36. (Mackenzie 2015)

Os mosquitos de diversos gêneros, como o *Anopheles*, o *Culex* e o *Aedes*, afetam quase todas as regiões brasileiras. Além de causarem irritação e incômodo, eles podem também transmitir algumas doenças. Assinale, no quadro abaixo, a alternativa que relaciona corretamente esses transmissores e causadores com as doenças.

	Anopheles		*Culex*		*Aedes*	
	Doença	Causador	Doença	Causador	Doença	Causador
a)	Malária	Protozoário	Filaríase	Verme	Febre amarela	Vírus
b)	Malária	Protozoário	Febre amarela	Bactéria	Dengue	Vírus
c)	Malária	Protozoário	Filaríase	Protozoário	Dengue	Vírus
d)	Filaríase	Bactéria	Malária	Protozoário	Febre amarela	Vírus
e)	Febre amarela	Bactéria	Malária	Bactéria	Dengue	Bactéria

37. (Uece 2015)

Árvores filogenéticas são diagramas representativos da classificação biológica, organizados com base em dados anatômicos, embriológicos e de informações derivadas do estudo de fósseis. Considerando as características dos organismos pertencentes aos cinco Reinos, é correto afirmar que

a) o Reino Animália engloba seres vivos vertebrados, invertebrados, unicelulares, pluricelulares e preferencialmente heterótrofos.
b) seres pluricelulares, clorofilados e eucariontes pertencem ao Reino Plantae.
c) organismos autótrofos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica animal ou vegetal pertencem ao Reino Fungi.
d) os Reinos Protista e Monera englobam, respectivamente, protozoários e algas.

CAPÍTULO 5

38. (Enem 2014)

Uma região de Cerrado possui lençol freático profundo, estação seca bem marcada, grande insolação e recorrência de incêndios naturais. Cinco espécies de árvores nativas, com as características apresentadas no quadro, foram avaliadas quanto ao seu potencial para uso em projetos de reflorestamento nessa região.

	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5
Superfície foliar	Coberta por tricomas	Coberta por cera	Coberta por cera	Coberta por espinhos	Coberta por espinhos
Profundidade das raízes	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Alta

Qual é a árvore adequada para o reflorestamento dessa região?
a) 1
b) 2
c) 3
d) 4
e) 5

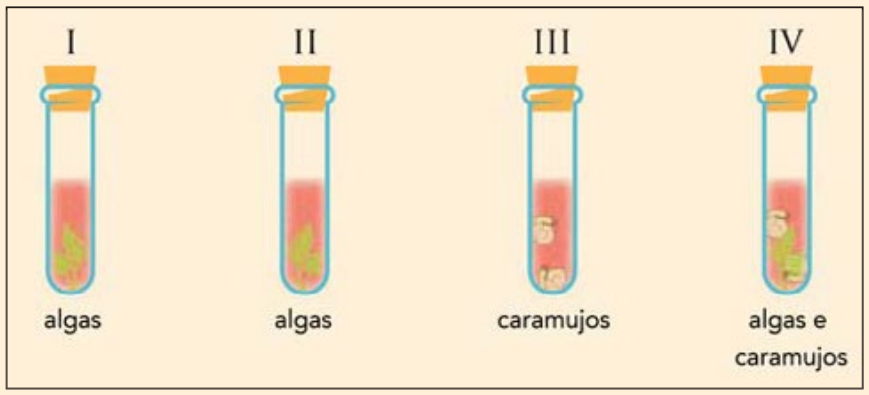
39. (Fuvest 2015)

No processo de adaptação ao ambiente terrestre, animais e plantas sofreram modificações morfológicas e funcionais. Considere a classificação tradicional das plantas em algas, briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.

a) Qual(is) desses grupos de plantas independe(m) da água para a fecundação? Que estrutura permite o encontro dos gametas, em substituição à água?
b) As briófitas, primeiro grupo de plantas preponderantemente terrestre, têm tamanho reduzido. As pteridófitas, surgidas posteriormente, são plantas de grande tamanho, que chegaram a constituir extensas florestas. Que relação existe entre o mecanismo de transporte de água e o tamanho das plantas nesses grupos?

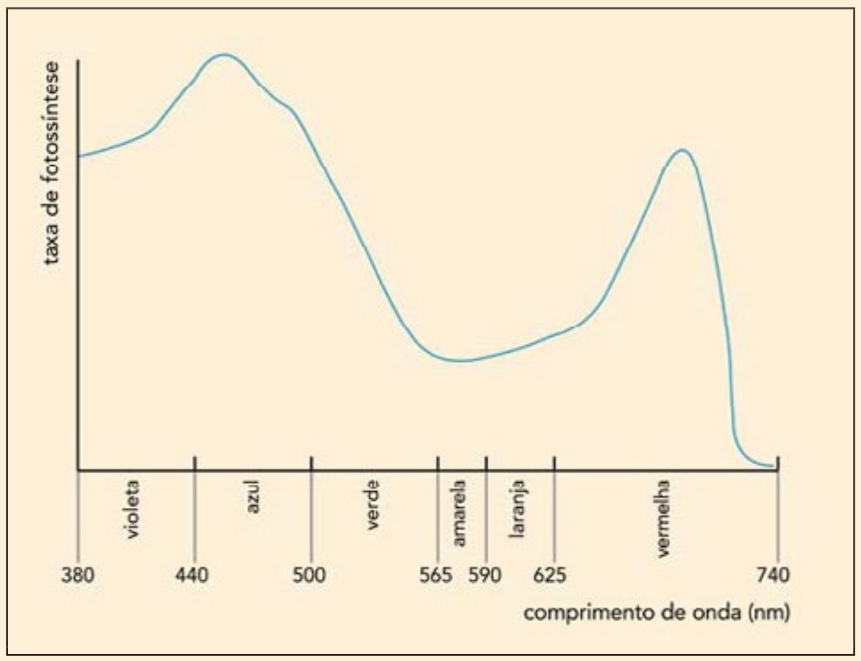
40. (Uerj 2015)

Em um experimento, os tubos I, II, III e IV, cujas aberturas estão totalmente vedadas, são iluminados por luzes de mesma potência, durante o mesmo intervalo de tempo, mas com cores diferentes. Além da mesma solução aquosa, cada tubo possui os seguintes conteúdos:



A solução aquosa presente nos quatro tubos tem, inicialmente, cor vermelha. Observe, na escala abaixo, a relação entre a cor da solução e a concentração de dióxido de carbono no tubo.

Os tubos I e III são iluminados por luz amarela, e os tubos II e IV por luz azul. Admita que a espécie de alga utilizada no experimento apresente um único pigmento fotossintetizante. O gráfico a seguir relaciona a taxa de fotossíntese desse pigmento em função dos comprimentos de onda da luz.



Após o experimento, o tubo no qual a cor da solução se modificou mais rapidamente de vermelha para roxa é o representado pelo seguinte número:
a) I
b) II
c) III
d) IV

41. (Unesp 2015)

Dona Patrícia comprou um frasco com 100 gramas de alho triturado desidratado, sem sal ou qualquer conservante. A embalagem informava que o produto correspondia a 1 quilograma de alho fresco. É correto afirmar que, em 1 quilograma de alho fresco, 100 gramas correspondem, principalmente,

a) aos nutrientes minerais obtidos do solo pelas raízes e 900 gramas correspondem à água retida pela planta.
b) à matéria orgânica sintetizada nas folhas e 900 gramas correspondem à água obtida do solo através das raízes.
c) à água obtida do solo pelas raízes e 900 gramas correspondem ao carbono retirado do ar atmosférico e aos nutrientes minerais retirados do solo.
d) à matéria orgânica da parte comestível da planta e 900 gramas correspondem à matéria orgânica das folhas e raízes.
e) aos nutrientes minerais obtidos do solo pelas raízes e 900 gramas correspondem à água retirada do solo e ao carbono retirado do ar atmosférico.

42. (UFSC 2013)

Os seres humanos desenvolveram uma sociedade baseada na utilização de combustíveis fósseis, entre eles o carvão. O acúmulo de matéria orgânica vegetal, ocorrido no Período Carbonífero há 300 milhões de anos, gerou as reservas de carvão hoje exploradas. Porém, este processo de acúmulo não mais aconteceu em função do surgimento dos fungos, seres vivos capazes de degradar lignina e celulose. Considerando o exposto, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

a) Os fungos são seres heterótrofos que apresentam parede celular composta de quitina, característica compartilhada por algumas espécies de algas unicelulares.
b) Juntamente com as bactérias, os fungos compõem um grupo de seres vivos decompositores da matéria orgânica e responsáveis pela ciclagem dos nutrientes na cadeia trófica.
c) Alguns fungos podem ser encontrados em associações simbióticas com outros organismos. A associação de fungos com plantas forma as micorrizas e a de fungos com algas, os líquens.
d) As leveduras são fungos unicelulares capazes de realizar a fermentação, processo bioquímico utilizado na produção de alimentos como o iogurte.
e) A lignina e a celulose são moléculas encontradas principalmente no citoplasma de células vegetais.

43. (UEL 2015)

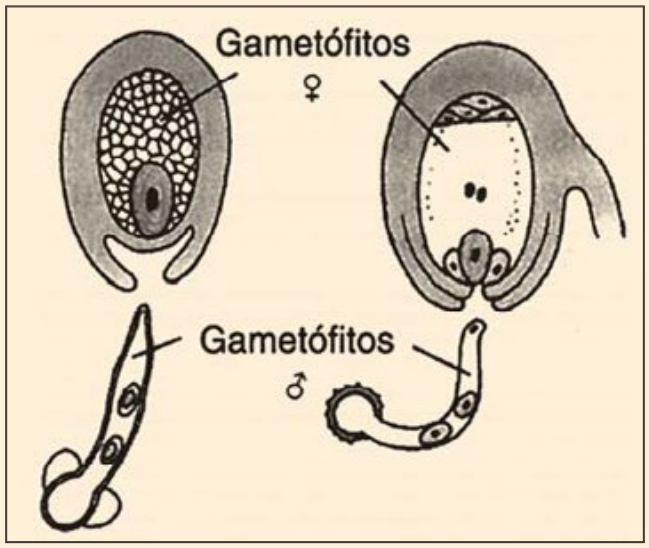
As samambaias pertencem ao grupo das pteridófitas, as quais possuem características adaptativas que permitem a conquista do ambiente terrestre com mais eficiência que o grupo das briófitas. Sobre as adaptações morfológicas e reprodutivas que possibilitaram o sucesso das pteridófitas no ambiente terrestre, considere as afirmativas a seguir:

I. Predominância da fase esporofítica.
II. O aparecimento dos tecidos xilema e floema.
III. O desenvolvimento de rizoides para fixação.
IV. O surgimento dos esporos para reprodução.

Assinale a alternativa correta:
a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

44. (Mackenzie 2014)

Os desenhos abaixo representam as fases de vida gametofítica de gimnospermas e angiospermas. A esse respeito, são feitas as seguintes afirmações:



I. os gametófitos masculino e feminino são constituídos por células haploides.
II. tanto os gametófitos femininos como os óvulos são constituídos por células haploides.
III. os gametófitos femininos, após a fecundação, vão originar um tecido chamado endosperma que pode ser diploide ou triploide.
IV. após a fecundação, os óvulos vão dar origem à semente contendo um embrião diploide.

Estão corretas, apenas,
a) I e IV.
b) I e II.
c) II e III.
d) II e IV.
e) III e IV.

45. (Unifesp 2015)

Alguns animais alimentam-se exclusivamente de frutos (frugívoros); outros alimentam-se apenas de sementes (granívoros). Alguns pesquisadores defendem que a granivoria surgiu antes da frugivoria, na evolução das interações biológicas na Terra. Assim, também, consideram a granivoria como um tipo de predação e não de herbivoria, como pretendem outros pesquisadores.

a) Apresente uma evidência, com base evolutiva e biológica, que apoie a hipótese de que a granivoria tenha surgido antes da frugivoria.
b) Explique por que a granivoria é considerada um tipo de predação e por que a frugivoria contribui para a manutenção das espécies vegetais no planeta.

46. (UCS 2014)

Considere as seguintes reações químicas que ocorrem nas plantas.

Reação 1: $CO_2 + 2\ H_2O \rightarrow C\ (H_2O) + O_2 + H_2O$

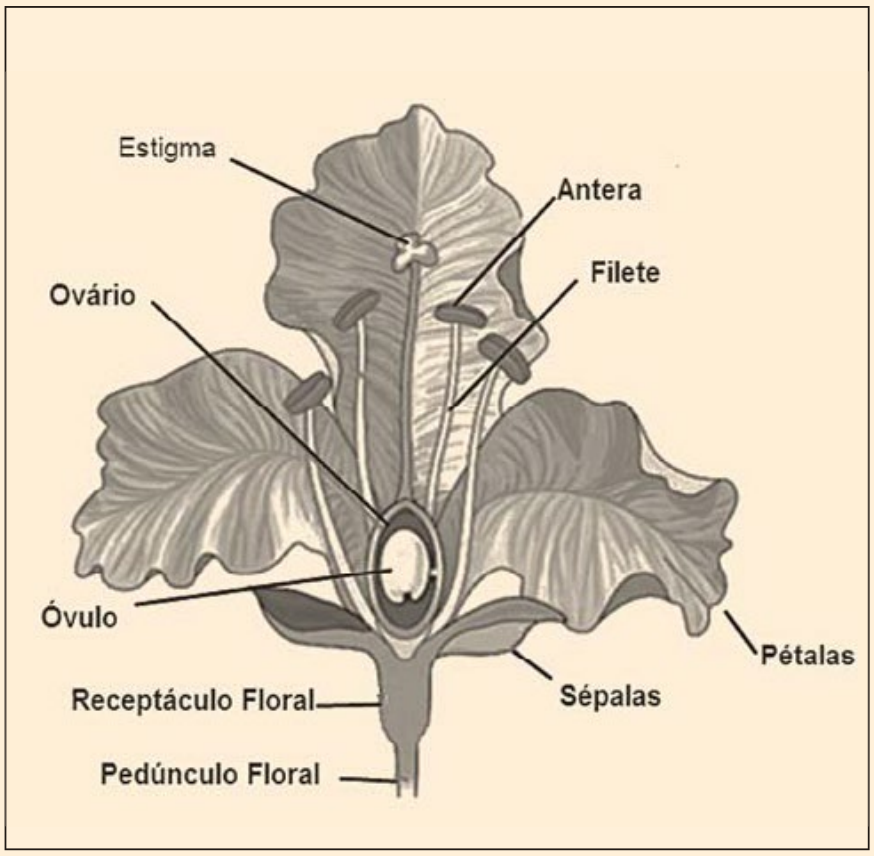
Reação 2: $C(H_2O) + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

Assinale a alternativa correta em relação às reações químicas acima.

a) O gás oxigênio produzido na reação 1 é totalmente eliminado por meio da difusão na superfície das folhas.
b) A reação 1 é chamada de fermentação celular.
c) O gás carbônico produzido pela reação 2 é parcialmente utilizado pela planta para realizar a fotossíntese.
d) O gás oxigênio produzido na reação 1 é totalmente eliminado para a atmosfera, pois as plantas não precisam dele.
e) A reação 1 ocorre constantemente nas plantas durante o dia e a noite.

47. (Udesc 2015, adaptada)

A figura 4 representa esquematicamente uma flor.



Analise as proposições em relação à representação da flor, na figura.

I. O esquema representa uma flor hermafrodita.
II. A flor esquematizada é típica do grupo das gimnospermas.
III. As pétalas podem servir como elementos atrativos no processo de polinização.
IV. O estigma ocorre a fixação do grão de pólen.
V. O óvulo fecundado pelo grão de pólen dará origem ao embrião.

Assinale a alternativa correta.

a) Se as afirmativas III, IV e V são verdadeiras.
b) Se as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.
c) Se as afirmativas II, III e V são verdadeiras.
d) Se as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.
e) Se as afirmativas I, II, IV e V são verdadeiras.

CAPÍTULO 6

48. (Enem 2014)

Os parasitoides (misto de parasitas e predadores) são insetos diminutos que têm hábitos muito peculiares: suas larvas podem se desenvolver dentro do corpo de outros organismos, como mostra a figura. A forma adulta se alimenta de pólen e açúcares. Em geral, cada parasitoide ataca hospedeiros de determinada espécie e, por isso, esses organismos vêm sendo amplamente usados para o controle biológico de pragas agrícolas.

A forma larval do parasitoide assume qual papel nessa cadeia alimentar?

a) Consumidor primário, pois ataca diretamente uma espécie herbívora.
b) Consumidor secundário, pois se alimenta diretamente dos tecidos da lagarta.
c) Organismo heterótrofo de primeira ordem, pois se alimenta de pólen na fase adulta.
d) Organismo heterótrofo de segunda ordem, pois representa o maior nível energético na cadeia.
e) Decompositor, pois se alimenta de tecidos do interior do corpo da lagarta e a leva à morte.

49. (USF 2015)

COQUETÉIS DE PESTICIDAS PREJUDICAM A SAÚDE DOS SOLOS

Universidade de Aveiro alerta para situação grave em Portugal e na Europa

Utilizados para combater pragas, os coquetéis de pesticidas usados na agricultura estão a provocar efeitos nefastos nos organismos que regeneram o ecossistema terrestre e, por isso, a porem em causa a saúde dos solos nacionais. Essa é a principal conclusão do trabalho de uma equipe de biólogos da Universidade de Aveiro (UA) que analisou os efeitos de misturas de pesticidas utilizadas em larga escala, não só no país como por toda a Europa, em organismos que, não sendo o alvo a abater, sofrem danos por ação dos químicos.

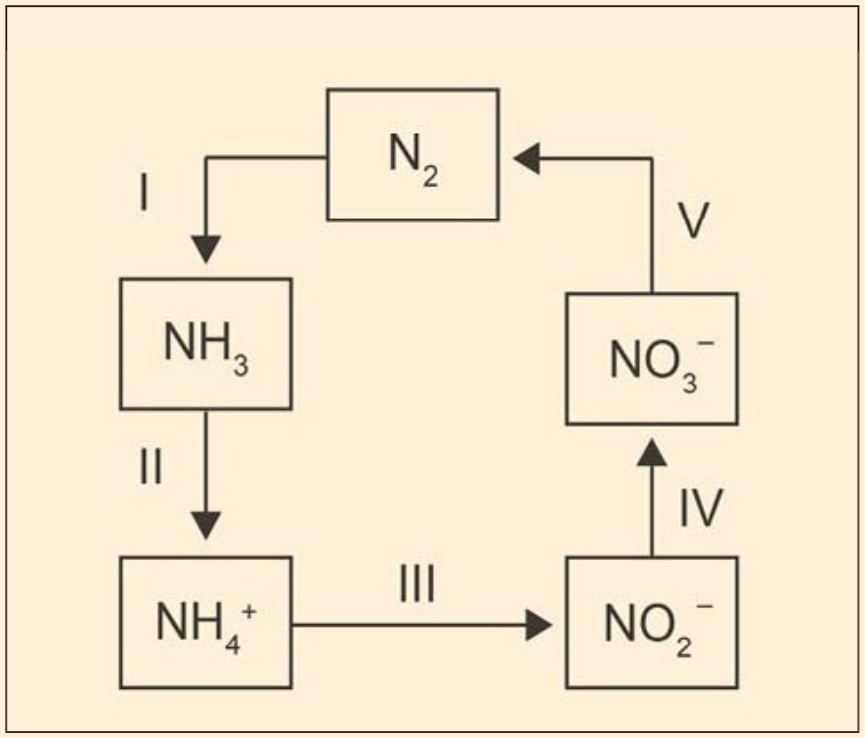
Disponível em: <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=58476&op=all>. Acesso em: 04 maio 2014, às 23h26min fins pedagógicos, adaptado.

O trecho "provocar efeitos nefastos nos organismos que regeneram o ecossistema terrestre" faz referência aos

a) produtores, que representam o portal de entrada da matéria e da energia nos ecossistemas terrestres.
b) consumidores, que permitem o trânsito da matéria e da energia nos mais diversos níveis tróficos.
c) parasitos, que possibilitam a inversão da pirâmide de números.
d) decompositores, que possibilitam a reciclagem da matéria no ecossistema.
e) predadores, que controlam o tamanho das populações de presas.

50. (Enem 2014)

A aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados na agricultura pode acarretar alterações no solo e na água pelo acúmulo de compostos nitrogenados, principalmente a forma mais oxidada, favorecendo a proliferação de algas e plantas aquáticas e alterando o ciclo do nitrogênio, representado no esquema. A espécie nitrogenada mais oxidada tem sua quantidade controlada por ação de microrganismos que promovem a reação de redução dessa espécie, no processo denominado desnitrificação.



O processo citado está representado na etapa

a) I.
b) II.
c) III.
d) IV.
e) V.

51. (Enem 2014)

Existem bactérias que inibem o crescimento de um fungo causador de doenças no tomateiro, por consumirem o ferro disponível no meio. As bactérias também fazem fixação de nitrogênio, disponibilizam cálcio e produzem auxinas, substâncias que estimulam diretamente o crescimento do tomateiro.

PELZER, G. Q. et al. Mecanismos de controle da murcha-de-esclerócio e promoção de crescimento em tomateiro mediados por rizobactérias. Tropical Plant Pathology. *v. 36, n. 2, mar.-abr. 2011, adaptado*

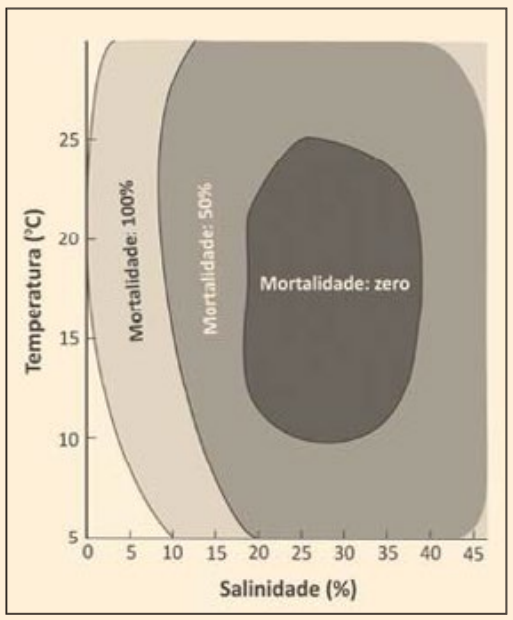
Qual dos processos biológicos mencionados indica uma relação ecológica de competição?

a) Fixação de nitrogênio para o tomateiro.
b) Disponibilização de cálcio para o tomateiro.
c) Diminuição da quantidade de ferro disponível para o fungo.
d) Liberação de substâncias que inibem o crescimento do fungo.
e) Liberação de auxinas que estimulam o crescimento do tomateiro.

52. (Fuvest 2015)

Analise o gráfico abaixo, relativo à mortalidade de fêmeas férteis do camarão-da-areia (*Crangon septemspinosa*) em água aerada, em diferentes temperaturas e salinidades, durante determinado período.

a) Qual dos seguintes conceitos – ecossistema, hábitat, nicho ecológico – está implícito nesse gráfico?
b) Os dados de mortalidade representados neste gráfico se referem a que nível de organização: espécie, população ou comunidade?
c) Temperatura e salinidade são fatores abióticos que, nesse caso, provocaram mortalidade das fêmeas do camarão-da-areia. Cite dois fatores bióticos que também possam produzir mortalidade



.Begon, M, Townsend, C. R. & Harper, J. L. Ecologia: de Indivíduos a Ecossistemas. Artmed. Porto Alegre, 2007. Adaptado

53. (Fuvest 2015)

A energia entra na biosfera majoritariamente pela fotossíntese. Por esse processo,

a) é produzido açúcar, que pode ser transformado em várias substâncias orgânicas, armazenado como amido ou, ainda, utilizado na transferência de energia.
b) é produzido açúcar, que pode ser transformado em várias substâncias orgânicas, unido a aminoácidos e armazenado como proteínas ou, ainda, utilizado na geração de energia.
c) é produzido açúcar, que pode ser transformado em substâncias catalisadoras de processos, armazenado como glicogênio ou, ainda, utilizado na geração de energia.
d) é produzida energia, que pode ser transformada em várias substâncias orgânicas, armazenada como açúcar ou, ainda, transferida a diferentes níveis tróficos.
e) é produzida energia, que pode ser transformada em substâncias catalisadoras de processos, armazenada em diferentes níveis tróficos ou, ainda, transferida a outros organismos.

54. (Uece 2015)

O movimento entre as substâncias provenientes do meio abiótico para o mundo vivo e o retorno delas a partir dos seres vivos para o meio ambiente se dá por meio dos ciclos biogeoquímicos. Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) o que se afirma sobre os ciclos biogeoquímicos.

1. ( ) O CO_2 que passa a circular na atmosfera é retirado do ambiente através processo de fotossíntese realizado exclusivamente pelas plantas.
2. ( ) No ciclo hidrológico, a água circula entre animais da cadeia alimentar, retornando à superfície através de evapotranspiração, respiração, fezes, urina ou decomposição.
3. ( ) A maioria dos seres vivos consegue incorporar e utilizar o nitrogênio na forma de gás presente no ar.
4. ( ) As rochas fosfatadas sofrem erosão e liberam para o solo o fósforo, elemento que será absorvido pelos vegetais, para a produção de ATP e ácidos nucleicos.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

a) V, F, V, V.
b) F, V, F, V.
c) V, F, V, F.
d) F, F, F, V.

55. (Unesp 2014)

Leia os três excertos que tratam de diferentes métodos para o controle da lagarta da espécie *Helicoverpa armigera*, praga das plantações de soja.

TEXTO 1

Produtores de soja das regiões da BA e MT começam os trabalhos de combate à praga. Um dos instrumentos para isso é a captura das mariposas. O trabalho é feito com uma armadilha. As mariposas são atraídas pela luz, entram na armadilha e ficam presas em uma rede.

Lagarta helicoverpa atrapalha produção de soja no MT e na BA. http://g1.globo.com

TEXTO 2

A INTACTA RR2 PRO, nova soja patenteada pela multinacional Monsanto, passa a ser comercializada na safra 2013/2014 no país. A inovação da nova semente é a resistência às principais lagartas que atacam o cultivo. Um gene inserido faz a soja produzir uma proteína, que funciona como inseticida, matando a lagarta quando tenta se alimentar da folha.

www.abrasem.com.br. Adaptado.

TEXTO 3

A lagarta que está causando mais de 1 bilhão de prejuízo nas lavouras no país pode ser controlada por minúsculas vespas do gênero *Trichogramma*, segundo pesquisador da Embrapa.

Pesquisador da Embrapa aposta no controle biológico contra lagarta helicoverpa. www.epochtimes.com.br

Sobre os três métodos apresentados de controle da praga, é correto afirmar que o método referido pelo texto

a) 2, conhecido como transgenia, tem a desvantagem de trazer riscos à população humana, uma vez que a soja resistente é obtida utilizando-se elementos radioativos que induzem as mutações desejadas na plantação.
b) 2 baseia-se na utilização de grandes quantidades de inseticida resultando, em curto prazo, na diminuição da população de lagartas, porém faz com que, em longo prazo, as lagartas adquiram resistência, o que exigirá a aplicação de mais inseticida.
c) 1, conhecido como controle biológico de pragas, utiliza procedimentos mecânicos para diminuir a população de lagartas na plantação e, deste modo, além de promover o rápido extermínio da praga, não traz prejuízos à saúde.
d) 3 baseia-se nas relações tróficas, utilizando um consumidor secundário que, ao controlar a população do consumidor primário, garante a manutenção da população que ocupa o primeiro nível trófico.
e) 3 é ecologicamente correto, pois permite o crescimento do tamanho populacional de todos os organismos envolvidos, assegurando ainda que as vespas soltas na lavoura promovam a polinização necessária à produção dos grãos de soja.

56. (UFPR 2015)

Durante décadas, seres parasitas foram omitidos das teias alimentares, com base na ideia de que eles teriam pouca influência na biomassa do ecossistema. Entretanto, quando a biomassa dos parasitas é medida, esta noção é desafiada. Em alguns sistemas estuarinos, por exemplo, a biomassa dos parasitas é comparável à dos predadores no topo da cadeia.

Traduzido e adaptado de: PRESTON, D. & JOHNSON, P. Ecological Consequences of Parasitism. *Nature Education Knowledge 3(10):47, 2010.*

A respeito da inserção dos parasitas nas teias alimentares, considere as seguintes afirmativas:

1. Parasitas podem regular o tamanho da população de hospedeiros.
2. Parasitas podem atuar como presas.
3. Parasitas podem alterar o desfecho de interações competitivas interespecíficas.

Assinale a alternativa correta.

a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
b) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
c) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
d) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeira
e) As afirmativas 1, 2 e 3 são verdadeiras.

57. (Enem 2012)

Não é de hoje que o homem cria, artificialmente, variedades de peixes por meio da hibridação. Esta é uma técnica muito usada pelos cientistas e pelos piscicultores porque os híbridos resultantes, em geral, apresentam maior valor comercial do que a média de ambas as espécies parentais, além de reduzir a sobrepesca no ambiente natural.

Terra da Gente, ano 4, n.o 47, mar, 2008, adaptado

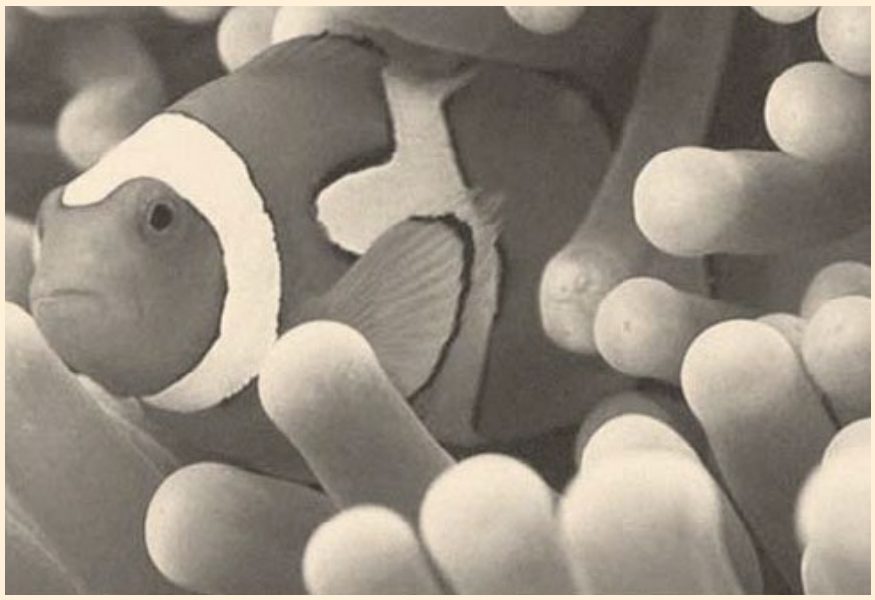
Sem controle, esses animais podem invadir rios e lagos naturais, se reproduzir e

a) originar uma nova espécie poliploide.
b) substituir geneticamente a espécie natural.

c) ocupar o primeiro nível trófico no hábitat aquático.
d) impedir a interação biológica entre as espécies parentais.
e) produzir descendentes com o código genético modificado.

58. (FMP/Cesgrandio 2015)

Nas primeiras cenas do filme de Walt Disney *Procurando Nemo*, um casal de peixes-palhaços protege seus ovos em uma cavidade na rocha, sobre a qual há inúmeras anêmonas-do-mar.



Peixe-palhaço entre os tentáculos de anêmonas-do-mar.

Disponível em: <http://www.ninha.bio.br/biologia/palhaco.html>. Acesso em: 08 ago. 2014

Os peixes de cores vivas vivem protegidos dos predadores, entre os tentáculos urticantes das anêmonas, que se beneficiam de sua presença, através dos restos e rejeitos alimentares dos peixes, numa relação denominada

a) mutualismo
b) parasitismo
c) canibalismo
d) sociedade
e) inquilinismo

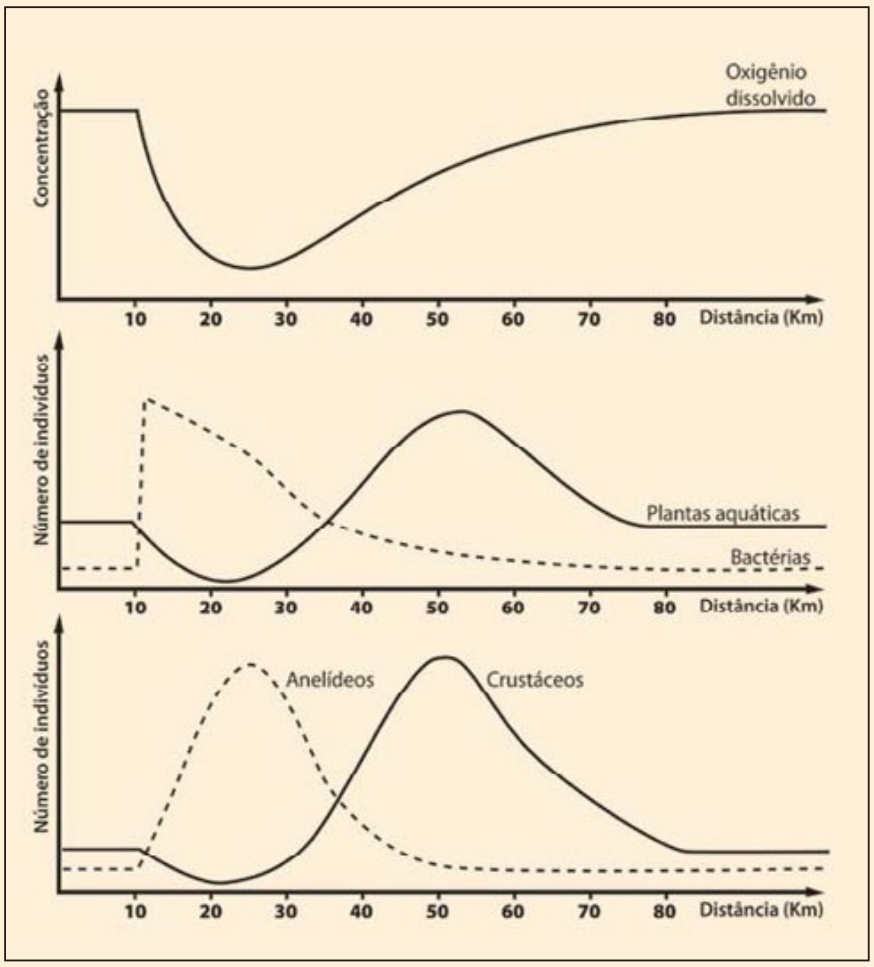
59. (Enem 2012)

Pesticidas são contaminantes ambientais altamente tóxicos aos seres vivos e, geralmente, com grande persistência ambiental. A busca por novas formas de eliminação dos pesticidas tem aumentado nos últimos anos, uma vez que as técnicas atuais são economicamente dispendiosas e paliativas. A biorremediação de pesticidas utilizando microrganismos tem se mostrado uma técnica muito promissora para essa finalidade, por apresentar vantagens econômicas e ambientais. Para ser utilizado nesta técnica promissora, um microrganismo deve ser capaz de

a) transferir o contaminante do solo para a água.
b) absorver o contaminante sem alterá-lo quimicamente.
c) apresentar alta taxa de mutação ao longo das gerações.
d) estimular o sistema imunológico do homem contra o contaminante.
e) metabolizar o contaminante, liberando subprodutos menos tóxicos ou atóxicos.

60. (Fatec São Paulo 2º semestre 2014)

Os gráficos a seguir representam a variação de um conjunto de parâmetros químicos e biológicos ao longo do percurso de um rio. A 10 km da nascente desse rio, ocorre uma descarga contínua de poluição orgânica, que gera um processo de eutrofização.



Analisando os dados contidos nos três gráficos, é correto concluir que

a) o rio permanece eutrofizado ao longo de todo o trecho representado.
b) a população de anelídeos é a única a não sofrer alteração com a descarga de poluentes.
c) as bactérias representadas são aeróbicas, pois o aumento de sua população gera a redução do oxigênio dissolvido.
d) o aumento da população de plantas aquáticas está relacionado ao aumento das populações de anelídeos e crustáceos.
e) o mesmo processo de recuperação poderia ocorrer naturalmente em um lago que também recebesse descarga contínua de poluentes orgânicos.

61. (Uece 2013)

Considerando que todos os seres vivos necessitam de uma fonte de carbono para construir suas moléculas orgânicas, a diferença essencial entre os autotróficos e os heterotróficos, respectivamente, é usar

a) carbono orgânico e carbono inorgânico.
b) carbono inorgânico e carbono orgânico.
c) carbono da água e do ar.
d) metano e gás carbônico.

62. (PUC – SP 2016)

Considere os seguintes tipos de relações ecológicas interespecíficas:

I. Parasitismo
II. Inquilinismo
III. Mutualismo
IV. Comensalismo

As relações nas quais os indivíduos de uma espécie são beneficiados, enquanto da outra espécie não são beneficiados nem prejudicados, são as indicadas por apenas

a) I e II.
b) II e III
c) II e IV
d) II, III e IV

63. (Fatec 2016)

Um dos problemas enfrentados atualmente pelas cidades é o grande volume de esgoto doméstico gerado por seus habitantes. Uma das formas de minimizar o impacto desses resíduos é o tratamento dos efluentes realizado pelas estações de tratamento. O principal método utilizado para isso é o tratamento por lodos ativados, no qual o esgoto é colocado em contato com uma massa de bactérias em um sistema que garante a constante movimentação e oxigenação da mistura, ambas necessárias para que o processo de decomposição possa ocorrer. As bactérias envolvidas no método de tratamento de esgoto descrito obtêm energia por meio do processo de

a) fermentação, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria inorgânica em matéria orgânica.
b) respiração anaeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para realizar a transformação da matéria orgânica em matéria inorgânica.
c) respiração anaeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria inorgânica em matéria orgânica.
d) respiração aeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria inorgânica em matéria orgânica.
e) respiração aeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria orgânica em matéria inorgânica.

RESPOSTAS

CAPÍTULO 1

1. O glicogênio é um polissacarídeo constituído por moléculas de glicose (monossacarídeo) ligadas entre si. É um sacarídeo de reserva, formado no fígado e fica disponível para ser prontamente hidrolisado (quebrado na presença de água), quando necessário. Na hidrólise, o glicogênio libera moléculas de glicose para o sangue. As gorduras (lipídeos) ficam armazenadas nas células adiposas da hipoderme (camada mais interna da pele). Também são altamente energéticas, mas sua mobilização é mais complexa e a produção de energia, mais demorada.
Resposta: a

2. Analisando cada alternativa:
I. As proteínas, assim como as demais moléculas orgânicas, são compostas de carbono, hidrogênio e oxigênio. Além desses elementos, as proteínas contêm nitrogênio. ***Correta.***
II. Os aminoácidos apresentam nitrogênio no grupo amino (NH_2) e os ácidos nucleicos DNA e RNA na base nitrogenada. ***Correta.***
III. O nitrogênio não é componente de açúcares, que são formados apenas de carbono, hidrogênio e oxigênio. ***Incorreta.***
IV. O ferro é componente da proteína hemoglobina, presente nas hemácias e que têm como função transportar oxigênio (*veja no capítulo 4*). O magnésio é componente da proteína clorofila, existente nos organismos fotossintetizantes, com a função de absorver a energia da luz solar (*veja no capítulo 5*). ***Correta.***
Resposta: e

3. **a)** O processo interrompido pela tetraciclina, descrito no enunciado, é a síntese proteica. O RNAt é responsável por transportar os aminoácidos que vão constituir a proteína até o ribossomo, onde a proteína será sintetizada.
b) A síntese de RNAt ocorre no citoplasma. Preste atenção à segunda parte da questão: o que se pede são componentes do citoplasma de uma bactéria. Bactérias são seres procariontes e, portanto, não apresentam núcleo organizado, nem organelas membranosas como retículo endoplasmático e mitocôndrias. O citoplasma abriga a molécula circular de DNA (nucleoide) e um único tipo de organela, o ribossomo.

4. Analisando cada uma das alternativas:

a) A mitocôndria é o órgão responsável pela respiração celular: moléculas orgânicas reagem com O_2, liberando CO_2, H_2O e energia armazenada na substância ATP. Assim a afirmação é correta, mas este não é o ponto que justifica a teoria da endossimbiose.
b) As mitocôndrias não têm parede celular.
c) A matriz mitocondrial é um fluido que preenche o interior da mitocôndria. Esse fluido é isolado do citoplasma da célula por uma dupla membrana, como a das células. A afirmação é correta, mas também não justifica a teoria.
d) As mitocôndrias possuem seu próprio DNA. Esse DNA não é linear como o das células eucarióticas. Tem forma circular e encontra-se difuso na organela como o DNA das bactérias. A afirmação justifica a teoria.
e) A afirmação é correta: a mitocôndria tem enzimas que facilitam as reações químicas do metabolismo aeróbico. No entanto, esse sistema poderia ter surgido na própria célula. A alternativa, portanto, não justifica a teoria.
Resposta: d

5. As trocas gasosas entre a célula e o meio intercelular – entrada de O_2 e saída de CO_2 – ocorrem por simples difusão pela bicamada lipídica da membrana plasmática, processo indicado

pelo componente número 1, na figura. O número 2 refere-se a uma proteína, e o 3, a um açúcar.
Resposta: a

6. A questão exige que você esteja familiarizado com biotecnologia, no que diz respeito à construção de um organismo transgênico (*veja no capítulo 2*), e também com leveduras (*capítulo 5*). Leveduras são fungos unicelulares, heterótrofos eucariontes que apresentam mitocôndrias. Assim como os cloroplastos, as mitocôndrias também têm DNA próprio, no qual o transgene pode ser inserido. A presença de ribossomos no interior das mitocôndrias garante a síntese da proteína codificada pelo gene inserido no DNA mitocondrial.
Resposta: b

7. A mitose é uma divisão celular que pode ocorrer tanto em células diploides (2n) quanto em células haploides (n), originando duas células-filhas, cada uma delas com a mesma quantidade de material genético da célula-mãe. Na metáfase os cromossomos estão duplicados. Numa célula haploide com oito cromossomos (n = 8), teremos oito cromossomos distintos (não pareados), cada um deles com duas cromátides. Lembre-se que o pareamento dos cromossomos homólogos só ocorre na meiose.
Resposta: b

8. **a)** A divisão celular envolvida no processo apresentado é a mitose. O enunciado cita a possibilidade de o arsênio provocar mutação em células de pulmão, pele e pâncreas, que são células somáticas. Como toda célula somática, estas se dividem por mitose. Além disso, a figura mostra que a divisão celular gera duas células-filhas, o que é característico da mitose. Só lembrando: na meiose seriam formadas quatro células-filhas que não mais se dividiriam – são gametas.
b) A mutação aparece apenas em uma das células-filhas, o que indica que aconteceu após a divisão celular e, portanto, depois da duplicação do DNA. Se a mutação tivesse ocorrido antes da duplicação do DNA, na fase S da interfase, as duas cópias do DNA apresentariam a mutação, que seria transmitida às duas células-filhas.

9. A questão pede conhecimentos sobre agentes patogênicos e, também, de suas diferentes formas de transmissão. Sobre a transmissão do vírus Ebola, você deve estar bem informado pelo noticiário.
a) Os vírus são formados por uma cápsula proteica, chamada capsídeo, que envolve o material genético, que pode ser uma molécula de DNA ou de RNA. A dengue e a raiva são outras zoonoses causadas por vírus.
b) O vírus Ebola é transmitido apenas pelo contato direto com secreções de pessoas doentes (sangue, suor, lágrimas, sêmen e urina). Já o vírus da gripe pode ser contraído através do contato direto ou com a saliva, secreções nasais e objetos utilizados por pessoas doentes.

10. Ao inocular no menino o pus extraído de feridas de vacas contaminadas com o vírus de varíola bovina, Jenner induziu o organismo do garoto a produzir anticorpos que o protegeram de uma futura infecção, ou seja, ele imunizou o menino. O vírus que provoca varíola em bovinos funcionou como uma vacina em humanos. Vacina não é usada como tratamento, mas como um antígeno, composto que faz com que o corpo humano produza anticorpos, que previnem o estabelecimento da doença, caso o indivíduo entre em contato com o microrganismo patogênico.
Resposta: a

CAPÍTULO 2

11. **a)** A Segunda Lei de Mendel, ou Lei da Segregação Independente, afirma que, em cruzamentos que envolvem dois ou mais caracteres, os fatores que determinam cada carácter se segregam de maneira independente na formação dos gametas, formando ao acaso todas as possíveis combinações. A lei se refere à distribuição dos cromossomos nos gametas durante a meiose. Os cromossomos homólogos se duplicam e fazem a permutação (ou crossing-over), rearranjado seus genes. Depois, se separam e se distribuem ao acaso pelas células-filhas. Assim, um indivíduo heterozigoto para dois pares de genes (AaBb) localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, pode produzir quatro combinações diferentes em seus gametas, o que gera variabilidade genética nos descendentes.
b) A fecundação, que nada mais é que a fusão de gametas, é um exemplo de outro processo que promove a variabilidade genética, à medida que combina genes maternos com paternos. A mutação genética é um terceiro processo que modifica a molécula de DNA.

12. Os filhos de ambos os casais têm tipos sanguíneos diferentes. Você deve saber que isso só é possível se o sangue de um dos membros do casal for do tipo A heterozigoto, e o do outro, do tipo B, também heterozigoto, ou seja, um dos membros do casal é tipo A (I^Ai) e o outro membro, tipo B (I^Bi). Veja:

	I^A	i
I^B	I^AI^B (tipo AB)	I^Bi (tipo B)
i	I^Ai (tipo A)	ii (tipo O)

Mas, atenção, a questão envolve um filho adotado, ou seja, que não herda características genéticas do casal.
O enunciado diz que em um dos casais, marido e mulher têm o mesmo tipo sanguíneo. Nesse caso, ficamos com as seguintes possibilidades:
- ambos são tipo O (ii x ii). Então, todos os filhos serão tipo O (ii);
- ambos são tipo A homozigotos (I^AI^A x I^AI^A). Teremos então todos os filhos tipo A (I^AI^A);

- ambos são tipo A, sendo um homozigoto, e o outro, heterozigoto (IAIA x IAi). Os filhos só poderão ter sangue tipo A (I^AI^A ou I^Ai). Veja:

	I^A	I^A
I^A	I^AI^A	I^AI^A
i	I^Ai	I^Ai

- por fim, se marido e mulher forem tipo A heterozigotos (IAi x IAi), os filhos serão A (IAIA ou IAi), ou O (ii). Veja:

	I^A	i
I^A	I^AI^A	I^Ai
i	I^Ai	ii

Fazemos o mesmo raciocínio para marido e mulher que têm sangue tipo B.

Em todos esses casos, se os pais têm mesmo tipo sanguíneo, o número máximo de tipos diferentes de sangue nos filhos será dois: A e O, ou B e O. Assim, mesmo considerando um filho adotado com um tipo diferente de sangue, nenhum dos casais jamais poderia ter filhos com todos os quatro tipos sanguíneos.

Vamos ver o que ocorre se marido e mulher tiverem o mesmo tipo sanguíneo AB (IAIB). Neste caso, teremos I^AI^B x I^AI^B. Veja:

	I^A	I^B
I_A	I^AI^A (tipo A)	I^AI^B (tipo AB)
I_B	I^AI^B (tipo AB)	I^BI^B (tipo B)

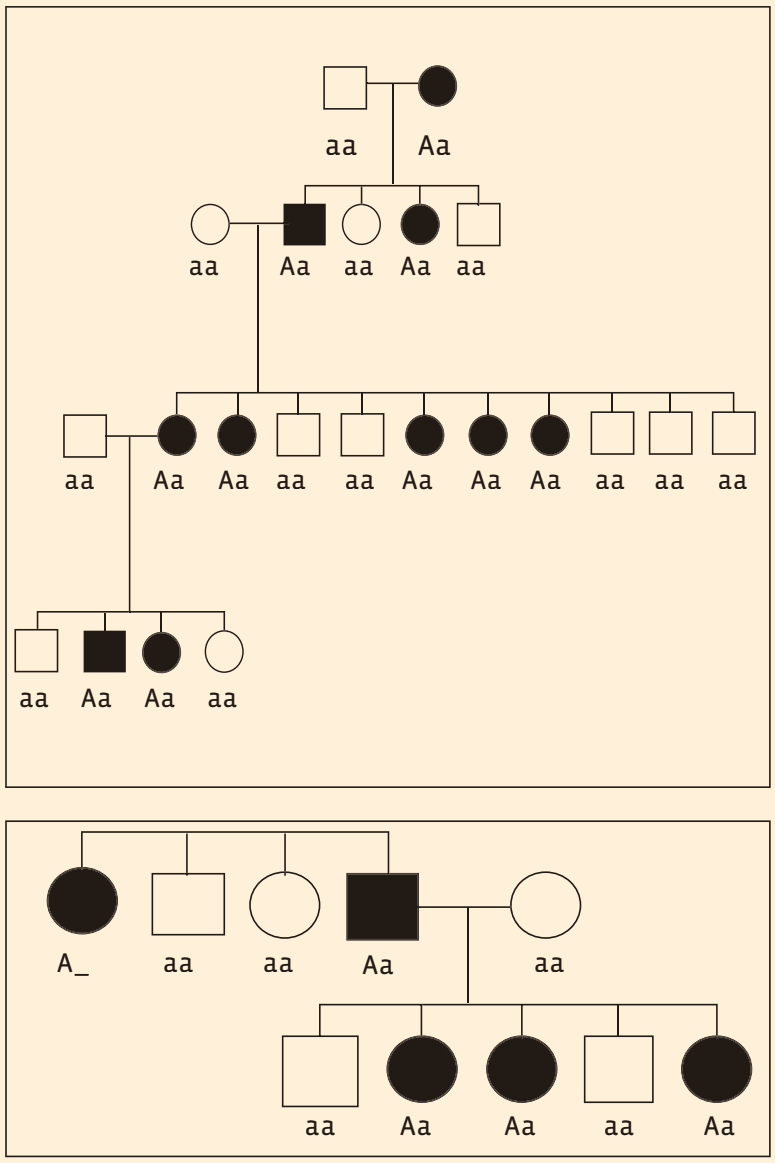
Os filhos poderiam ter sangue tipo A, B, ou AB. Neste caso, o casal só teria quatro filhos de tipos sanguíneos diferentes se um deles fosse adotado (tipo O).

Com relação ao par de gêmeos, o enunciado não diz se são monozigóticos (idênticos) ou dizigóticos (fraternos). Se forem fraternos, são como quaisquer dois irmãos, só que gerados ao mesmo tempo. Nesse caso, eles podem ter tipos sanguíneos diferentes. Se forem idênticos, nenhum dos casais poderia ter quatro filhos sendo cada um com um tipo sanguíneo, porque, nesse caso, os gêmeos idênticos apresentariam o mesmo tipo. E os outros dois filhos, não gêmeos, adotados ou não, poderiam ser cada um de um tipo, totalizando no máximo três tipos. Sendo assim, os gêmeos só podem ser fraternos.
Resposta: a

13. Repare, antes de mais nada, que o enunciado não traz um único heredograma, mas dois deles, cada um indicando a linha de hereditariedade de uma família isolada. Para determinar o padrão de transmissão da doença, é preciso analisar quem transmite o gene a quem. Repare que a doença afeta tanto homens quanto mulheres. Mas veja nos dois heredogramas: todas as filhas do casal apresentam a doença quando o pai é portador do gene – o que sugere herança ligada ao sexo.

Analisando as alternativas:

a) Com base na análise acima, esta alternativa já está descartada. Mas vamos analisar o que ocorreria caso o padrão de transmissão fosse dominante autossômico. A herança autossômica é aquela transmitida por genes localizados em cromossomos que ocorrem tanto em homens quanto em mulheres. Em oposição está a herança ligada ao sexo. Sendo A o gene dominante que determina a doença e a o gene recessivo, temos a seguinte análise dos dois heredogramas:



A alternativa ***a*** só não é correta porque se trata de uma herança ligada ao sexo, e não autossômica, como verificamos no início da resolução. ***Incorreta.***

b) Um carácter ligado ao sexo é transmitido apenas pelos genes do cromossomo X, mas pode se manifestar tanto em homens quanto em mulheres. As mulheres são XX (um X da mãe, outro X do pai), podendo ser homozigotas ou heterozigotas. Homens são XY (sempre o X da mãe e o Y do pai) e, portanto têm apenas um gene que pode se manifestar como dominante ou recessivo na herança ligada ao sexo. Vamos chamar de "A" o gene dominante para a doença e de "a" o recessivo. Se o gene que causa a doença fosse recessivo ligado ao sexo, as mulheres normais seriam X^AX^A ou X^AX^a, e as doentes seriam X^aX^a. Entre os homens, os saudáveis seriam X^AY, e doentes, X^aY. Nesse caso, o filho homem do

primeiro casal do heredograma II, que é saudável, é X^AY, e todas as suas filhas mulheres herdariam o X^A. Mas não é isso o que ocorre. Esse casal tem uma filha mulher doente, o que inviabiliza essa alternativa. ***Incorreta.***

c) Um carácter transmitido por genes do cromossomo Y é chamada herança restrita ao sexo, e só ocorre em homens porque só eles apresentam esse cromossomo. Nos dois heredogramas, as mulheres também apresentam a doença. Então ela não é transmitida por Y. ***Incorreta.***

d) Nas duas famílias, todas as filhas de homens com a doença também são doentes. Isso só acontece porque homens doentes são X^AY e sempre transmitem o cromossomo X às suas filhas, estas também apresentarão a doença, independentemente do gene recebido da mãe, já que o gene X^A é dominante sobre Xa . ***Correta.***

e) A herança com codominância implica um terceiro fenótipo, intermediário. Mas o heredograma indica que existem apenas dois fenótipos: doentes e saudáveis. ***Incorreta.***

Resposta: d

14. Primeiro, vamos verificar se a doença é transmitida por um gene dominante (A) ou recessivo (a). Repare que os indivíduos 12 e 13 do heredograma são afetados pela característica. Mas sua filha não é. Isso indica que o casal é heterozigoto, pois, se a característica fosse recessiva, determinada pelo genótipo aa, o casal jamais poderia ter um filho não afetado Aa ou AA, simplesmente porque eles não teriam o gene A. Determinamos, portanto, que a característica é dominante – manifesta-se em indivíduos AA ou Aa. Com isso em mente, definimos que todos os indivíduos não afetados pela característica, no heredograma, são recessivos aa (indivíduos 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 14). De outro lado, todos afetados são heterozigóticos, Aa, porque todos tiveram filhos não afetados, recessivos (aa). Veja por que os afetados não poderiam ser homozigóticos dominantes (AA). Se isso fosse verdade, todos os filhos receberiam deles um alelo A, e todos seriam afetados pelas característica. Veja, como exemplo, o casal 1 e 2. Se 1, que é afetado pela característica fosse AA, 2, que não é afetado, só poderia ser aa. Desse cruzamento (AA x aa), todas as crianças seriam afetadas pela doença, com genótipo Aa. No entanto, apenas os filhos 5 e 6 deste casal são afetados. Então, o pai 1 (que é afetado) só pode ser Aa, e a mãe (não afetada) só pode ser aa. O mesmo raciocínio é válido para os casais 3 e 4, 7 e 8.

Resposta: d

15. A questão pede conhecimento sobre o mecanismo que regula o sistema ABO. Analisando cada uma das alternativas:

a) A herança do sistema ABO de tipagem sanguínea é um caso de alelos múltiplos porque são três alelos (I^A, I^B e i) para um mesmo loco. (Lembre-se que um loco, ou lucus gênico, é o local ocupado por um gene em um cromossomo.) Porém, cada indivíduo apresenta apenas dois deles, em um par de genes alelos. ***Correta.***

b) O alelo I^A codifica o antígeno ou aglutinogênio A e o alelo I^B codifica o antígeno ou aglutinogênio B. Os aglutinogênios são moléculas proteicas na superfície das hemácias. Como os genes I^A e I^B são codominantes, ambos se manifestam quando aparecem em conjunto, e o indivíduo produz os dois aglutinogênios, A e B, com o fenótipo AB. ***Correta***.

c) Este é o único fenótipo possível (se eles forem heterozigotos) para um casal ter filhos com os quatro tipos sanguíneos. ***Correta.***

d) Pessoas ii não produzem aglutinogênios (antígenos), mas apresentam aglutininas (anticorpos) anti-A e anti-B no plasma sanguíneo. Se receberem transfusão de sangue do tipo A ou B, suas aglutininas reagirão com os aglutinogênios do sangue recebido provocando a aglutinação das hemácias e sua destruição (hemólise). ***Incorreta.***

e) Indivíduos AB têm genótipo I^AI^B e, portanto, não podem ter filhos do tipo O, que são ii. ***Correta.***

Resposta: d

16. O enunciado fala em criança, sem indicar se do sexo feminino ou masculino. No entanto, você deve saber que o daltonismo é uma característica adquirida por herança ligada ao sexo. Vamos resolver a questão por partes, para as duas características apresentadas no enunciado.

- Para destro ou canhoto: a herança genética que define a utilização preferencial de um ou outro lado do corpo é autossômica com dominância completa, sendo o indivíduo destro dominante CC ou Cc e o indivíduo canhoto recessivo cc. Se os pais são ambos destros e a criança é canhota, então os pais têm de ser heterozigotos Cc. Veja o cruzamento:

	C	c
C	CC	Cc
c	Cc	cc

A probabilidade de que esse casal tenha uma criança destra é de ¾, ou 75%.

- Para daltônico ou não daltônico: lembre que toda herança ligada ao sexo é sempre relacionada ao cromossomo X. As crianças de um casal herdam um cromossomo sexual do pai e outro da mãe. Assim, a filha mencionada no enunciado (XX) herdou um X do pai e outro X, da mãe. Se é daltônica, ela carrega os genes recessivos nos dois cromossomos X herdados, ficando com o fenótipo X^dX^d. Isso só pode ocorrer se o pai for daltônico, com fenótipo X^dY, e a mãe (que não é daltônica) tiver fenótipo X^DX^d. Montando o cruzamento, temos

	X^D	X^d
X^d	X^DX^d	X^dX^d
Y	X^DY	X^dY

Um filho de qualquer sexo será não daltônico se tiver fenótipo X^DX^d ou XD^Y. A probabilidade de uma criança nascida desse casal não ser daltônica é de ½.

Atenção: a questão pede a probabilidade de a criança nascer com as duas características associadas: não daltônica e destra.

Essa probabilidade é calculada multiplicando as probabilidades encontradas para cada característica: ¾ . ½ = ⅜.
Resposta: a

17. Organismos que recebem DNA exógeno, ou seja, proveniente de outra espécie, é chamado transgênico. No caso da questão a planta recebeu um gene de uma bactéria e se tornou transgênica.
Resposta: e

CAPÍTULO 3

18. **a)** As semelhanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas (moleculares) entre indivíduos de espécies diferentes só podem ocorrer se eles tiveram um ancestral comum.
b) A questão pede a própria definição de vida, para a biologia. Segundo ela, todo ser vivo apresenta células, que contêm material genético (DNA e RNA), realiza metabolismo – o conjunto de reações químicas para manutenção da vida – e tem capacidade de reprodução. Os vírus são exceção, pois não apresentam estrutura celular, nem atividade metabólica própria. No entanto, são considerados seres vivos por apresentarem material genético e capacidade de reprodução quando estão dentro de uma célula hospedeira.

19. As modificações ocorrem ao acaso e a seleção natural age fazendo com que as mudanças favoráveis permaneçam e as desfavoráveis desapareçam. Os membros anteriores de mamíferos têm a mesma origem embrionária. Mas em cada animal teve formato selecionado segundo a melhor adaptação a seu ecossistema. Esta evidência evolutiva é denominada homologia – mesma origem, funções diferentes.
Resposta: d

20. De acordo com o texto, Darwin concordava com a lei do uso e desuso proposta por Lamarck, segundo a qual as características se desenvolviam por pressões ambientais. Darwin também concordava com a transmissão das características adquiridas, geração a geração. Mas ele não atribuiu as diferenças entre indivíduos de uma mesma espécie ao uso e ao desuso. Darwin simplesmente não sabia como elas aconteciam. Desconhecia a transmissão das características pelos genes e as mutações genéticas, fatores hoje reconhecidos como produtores da variação genética. Darwin baseou sua teoria da seleção natural na ideia de que os indivíduos não são todos iguais. Alguns nascem com características que os ajudam a sobreviver melhor. Chegando à idade de reprodução, esses sobreviventes transmitem a característica vantajosa a pelo menos alguns de seus descendentes. E são estes que se reproduzirão, transmitindo a característica, de novo, à prole. E assim por diante. Em resumo, para Darwin, as pressões ambientais selecionavam as características mais bem adaptadas.
Resposta: b

21. Segundo o que se sabe sobre a atmosfera primitiva da Terra, não havia gás oxigênio (O_2), nem gás carbônico (CO_2). Com isso, era impossível que os primeiros seres vivos fizessem respiração aeróbica, que depende do O_2. Era impossível, também, que ocorresse a fotossíntese, que depende de CO_2. A hipótese aceita atualmente para a origem da vida é a heterotrófica. Segundo ela, os primeiros seres vivos eram células procarióticas que realizavam fermentação, obtendo energia de moléculas orgânicas existentes nos oceanos primitivos. Foi a fermentação que liberou moléculas de gás carbônico. Com CO_2 na atmosfera, as algas primitivas começaram a fazer a fotossíntese. A fotossíntese, por sua vez, tem como um de seus produtos o oxigênio – o que, por fim, levou ao surgimento de seres que fazem respiração aeróbica.
Resposta: d

22. Órgãos homólogos são aqueles que apresentam mesma origem mas desempenham funções diferentes. Já órgãos análogos são aqueles que têm a mesma função, mas diferentes origens embrionárias. Órgãos análogos surgem em diferentes seres vivos, por seleção natural, em ambientes no qual a estrutura se mostra vantajosa. Esse fenômeno é denominado convergência evolutiva. No caso apresentado na questão, aves e insetos pertencem a filos distintos – aves pertencem ao filo dos cordados vertebrados; insetos, que são invertebrados, fazem parte do filo dos artrópodes (*veja no capítulo 4*). Portanto, as asas de ambos os animais têm origens embrionárias diferentes. Mas essa estrutura, que permite o voo, foi selecionada em ambos os animais como vantagem adaptativa para um mesmo ambiente e uma mesma função: voar.
Resposta: a

23. Analisando as afirmações:
I. Tanto as mutações quanto a recombinação genéticas geram variedade de formas que são selecionadas pelas condições ambientais (seleção natural). ***Correta.***
II. As mudanças que o corpo de um indivíduo sofre durante sua vida não alteram sua constituição genética e, portanto, não são transmitidas aos descendentes. Somente alterações genéticas ocorridas ao acaso nas células germinativas (aquelas que vão produzir gametas) podem ser transmitidas aos descendentes. ***Incorreta***.
III. Os mecanismos genéticos explicam a origem das diferenças entre os indivíduos e também a transmissão das características. ***Correta.***
IV. Não necessariamente. Algumas estruturas podem ser desenvolvidas pelo uso constante, como a musculatura, mas isso não ocorre com a maioria das estruturas dos seres vivos. Além disso, em termos genéticos e evolucionários, esse desenvolvimento não é transmitido de uma geração a outra. Permanece uma característica individual. ***Incorreta.***
V. A recombinação gênica é consequência de mecanismos que promovem rearranjo dos genes em um cromossomo (crossing-over), distribuição de cromossomos e genes ao acaso nos gametas – segregação independente e combinações genéticas diversas nos descendentes através da fecundação. ***Incorreta.***
Resposta: b

24. A figura mostra semelhanças nas estruturas dos membros anteriores de vertebrados, o que indica mesma origem embrionária e diferentes funções. Então trata-se de homologia. Repare no detalhe: a mão, dos humanos, não tem como função a locomoção.
Resposta: e

25. Evolução biológica é o processo de modificação das espécies ao longo do tempo, sendo assim, segundo o Darwinismo, todas as espécies, inclusive a humana, sofrem modificações ao longo do tempo por estarem sujeitas à seleção natural. As modificações das características dos seres vivos ocorrem através dos mecanismos de mutação e recombinação gênicas, e as características adaptadas a um determinado ambiente são selecionadas e transmitidas aos descendentes. Ao longo de várias gerações, essas características passam a prevalecer na população, que se torna adaptada.
Resposta: a

26. Darwin observou que existe uma grande variedade de formas entre indivíduos de uma mesma espécie e que somente os indivíduos que apresentam as formas mais adaptadas sobrevivem e deixam descendentes – este é o princípio da seleção natural. Ao longo das gerações, cada vez mais indivíduos da espécie apresentam as características selecionadas pelas condições ambientais. Mas Darwin não soube explicar a origem dessas variações. A Teoria Sintética da Evolução complementa a teoria de Darwin, explicando que as variações são produzidas ao acaso por mutações e por recombinação de genes.
Resposta: a

CAPÍTULO 4

27. Os animais que aparecem nesta árvore filogenética são todos cordados, apresentam três características básicas em comum: notocorda, tubo nervoso dorsal (retângulo 1). O anfioxo é um protocordado, animal aquático primitivo que não apresenta coluna vertebral. Já o animal seguinte na árvore, o tubarão, tem coluna vertebral. Daí que o retângulo 2 ser correspondente à presença de vértebras. Esta estrutura aparece nos demais cordados da árvore filogenética da questão – são todos vertebrados. O ovo amniótico é aquele que tem o âmnio como um dos anexos embrionários. O âmnio proporciona um meio líquido para o desenvolvimento do embrião dentro do ovo de um réptil e de uma ave ou dentro do útero de um mamífero. Evolutivamente apareceu entre o sapo (anfíbio), cujo ovo não tem âmnio e nem precisa dele, pois se desenvolve dentro da água, e o jacaré (retângulo 5). Lembrando: os demais animais da árvore carregam todos essas características.
Resposta: b

28. Primeiro, lembre-se: quanto mais ácida for uma substância, mais baixo é seu pH. No estômago ocorre digestão de proteínas, e o pH ideal para a ação das enzimas do suco gástrico é ácido. A hipótese do pesquisador é a de que ele tem uma protease gástrica, ou seja, uma enzima do estômago que digere proteínas, e para que essa hipótese se confirme a digestão deve ocorrer no tubo contendo o pedaço de carne, alimento proteico, no pH 5, que é ácido. O cubo de batata e o macarrão (alternativas ***a*** e ***d***) são basicamente constituídos de amido, cuja digestão se daria por enzimas da boca e do intestino, em pH neutro ou ligeiramente alcalino. A clara de ovo (alternativa ***c***) também é proteica e poderia ser digerida no estômago, mas o pH deveria ser ácido. A bolinha de manteiga (alternativa ***e***) é praticamente feita de gordura, então seria digerida apenas por enzimas que agem no intestino delgado, em pH ligeiramente alcalino.
Resposta: b

29. Responder corretamente depende apenas de uma leitura atenta do enunciado. Se o pesticida usado para matar os animais é referido como moluscocida, então trata-se do grupo dos moluscos. Com essa informação, as alternativas que se referem a outros filos podem ser descartadas. De fato, caracóis de jardim pertencem ao filo dos moluscos e apresentam a rádula, que é uma estrutura da boca que o animal usa para raspar os alimentos. Dentro do filo dos moluscos, a classe dos bivalves, como ostras e mariscos, não apresenta rádula. Estes são animais filtradores, que retiram partículas de alimento da água.
Resposta: a

30. A questão é simples, se você conhecer os principais sintomas de doenças virais e estiver atualizado sobre uma das mais sérias epidemias que o Brasil viveu no verão 2014-2015: a dengue. A doença, que é transmitida pela fêmea do mosquito *Aedes aegypti*, apresenta, na maioria dos casos, sintomas similares da gripe: febre alta, dor de cabeça, dor nos ossos e articulações, mal-estar, cansaço. No entanto, pode, ainda, provocar manchas vermelhas na pele. Além disso, diferentemente da gripe, a dengue não melhora em um ou dois dias.
Resposta: b

31. Analisando cada uma das afirmativas:

I. As artérias pulmonares carregam sangue venoso do ventrículo direito ao pulmão, e as veias pulmonares carregam sangue arterial do pulmão ao átrio esquerdo. Os termos veias e artéria referem-se à estrutura do vaso e ao sentido do fluxo sanguíneo: veias apresentam parede pouco musculosa e transportam sangue em direção ao coração, artérias apresentam parede bastante musculosa e transportam sangue que sai do coração. ***Incorreta.***
II. ***Correta.***
III. O ventrículo que bombeia sangue para o corpo, através da artéria aorta, é o esquerdo. ***Incorreta.***
IV. As veias cavas trazem sangue do corpo, e não dos pulmões, para o átrio direito do coração. ***Incorreta.***

V. São as artérias que apresentam parede musculosa para impulsionar o sangue em direção aos tecidos do corpo. ***Incorreta.***

Resposta: c

32. **a)** A amônia é excretada por animais aquáticos, como os peixes ósseos; a ureia é excretada principalmente em ambiente terrestre por mamíferos, e o ácido úrico também é excretado em ambientes terrestres, mas por répteis e aves.

b) As esponjas (poríferos) e as águas-vivas e anêmonas (celenterados) não apresentam sistema excretor e eliminam amônia por difusão através da superfície do corpo, diretamente na água.

33. Para responder a questão, você deve conhecer a função dos órgãos do sistema digestório, assim como sua aparência e localização no corpo humano.

a) Trata-se do intestino delgado (E). É este tubo mais fino e comprido, enrolado na região abdominal, onde ocorre a absorção das moléculas de nutrientes que são os produtos da digestão.

b) É o estômago (H). É um órgão com formato de feijão, acima do intestino, cuja parede produz a enzima pepsina que digere proteínas. Antes de cair no estômago, o alimento passou pela boca, onde ocorreu apenas digestão de amido.

c) Fígado (B). O fígado é um órgão grande situado acima e à direita do estômago. Entre outras funções, este órgão produz e secreta a bile, que age também no duodeno, facilitando a digestão de gorduras, sem conter enzimas.

34. A leishmaniose é uma doença causada por um protozoário, a Leishmania, e transmitida por um mosquito, o mosquito-palha. O parasita afeta seres humanos e animais domésticos, que funcionam como reservatórios. Quando o mosquito pica o animal afetado para sugar seu sangue, carrega os protozoários com ele e pode inocular em um ser humano numa próxima picada.

Resposta: e

35. Para responder a questão você deve conhecer a função de componentes sanguíneos.

O paciente 1 estava pálido e apresentava cansaço constante. Os sintomas são consequência do número reduzido de hemácias, que apresentam o pigmento hemoglobina, responsável pela cor vermelha do sangue. Daí a palidez, o cansaço resulta da diminuição da oxigenação dos tecidos, já que a função das hemácias é o transporte de oxigênio. Ficha C

O paciente 2 era portador do vírus HIV e apresentava baixa imunidade. O HIV é um vírus que invade e destrói um tipo de leucócito, o CD_4, e como consequência o paciente apresenta baixa imunidade em função do baixo número de leucócitos registrado na ficha A.

O paciente 3 trazia relatos de sangramentos por causa ainda a ser investigada. A ficha B mostra que o paciente tem um número reduzido de plaquetas, elemento do sangue responsável pela coagulação sanguínea. Então esse paciente corresponde à ficha B.

Resposta: c

36. O *Anopheles* é o mosquito transmissor da malária, causada pelo protozoário *Plasmodium sp*. O mosquito *Culex* é o transmissor do verme causador da filaríase (conhecida por elefantíase), o *Wuchereria bancrofti*, o único verme transmitido por mosquito. O *Aedes* é o transmissor do vírus da dengue, mas também pode transmitir outra virose, a febre amarela. A resposta à questão você encontra por eliminação:

a) ***Correta.***

b) A febre amarela não é causada por bactéria e sim por um vírus. ***Incorreta.***

c) A filaríase não é causada por protozoário, e sim por um verme. ***Incorreta.***

d) A filaríase não é causada por bactéria, e sim por um verme. ***Incorreta.***

e) A malária é causada por um protozoário e a dengue, por um vírus. ***Incorreta.***

Resposta: a

37. Analisando as alternativas:

a) O Reino Animalia (Reino Animal) compreende os organismos eucariontes, necessariamente pluricelulares e heterótrofos. Os invertebrados e os vertebrados pertencem a esse Reino. Os organismos eucariontes unicelulares pertencem ao Reino Protista e podem ser autótrofos (algas) ou heterótrofos (protozoários). ***Incorreta.***

b) O Reino Plantae (Reino Vegetal) engloba organismos eucariontes pluricelulares, autótrofos fotossintetizantes (clorofilados). ***Correta.***

c) Os organismos do Reino Fungi são eucariontes, uni ou pluricelulares, e são necessariamente heterótrofos. Podem ser decompositores da matéria orgânica animal e vegetal, mas também podem ser parasitas de animais e plantas. ***Incorreta.***

d) O Reino Protista engloba os protozoários e as algas, o Reino Monera engloba apenas organismos procariontes: bactérias e cianobactérias. Com relação a essa alternativa, vale ressaltar que as cianobactérias já foram chamadas de algas azuis, o que poderia confundir o candidato. ***Incorreta.***

Resposta: b

CAPÍTULO 5

38. A questão pede que você raciocine a respeito das características de uma planta que permitam sua sobrevivência em um determinado ambiente. O bom senso ajuda na resposta: se o enunciado diz que o Cerrado tem um lençol freático profundo, é fácil concluir que as raízes devem ser profundas também. O Cerrado é um ambiente de secas bem marcadas, conforme o enunciado. Nas folhas estão os estômatos, estrutura através da qual a transpiração ocorre, assim como as trocas gasosas. Como a planta precisa de CO_2 para realizar fotossíntese, pelo menos uma

parte do tempo os estômatos precisam ficar abertos para que o gás entre, mas durante esse período ela acaba perdendo água por transpiração. A perda de água também ocorre por simples evaporação pela superfície foliar, então, já que a transpiração é inevitável, a planta minimiza a perda de água por evaporação, apresentando uma película impermeável de cera na superfície foliar. Preste atenção: as plantas do Cerrado podem também ter espinhos, que também ajudam a reter água. Mas esses espinhos são folhas transformadas, e não estruturas na superfície das folhas, como mencionado no quadro do enunciado.
Resposta: b

39. **a)** As gimnospermas e as angiospermas não dependem da água para a fecundação, pois geram grãos de pólen que formam tubos polínicos para transportar os gametas masculinos. Os grãos de pólen são transportados pelo vento nas gimnospermas e pelo vento, insetos, pássaros e morcegos nas angiospermas.
b) As pteridófitas foram as primeiras plantas terrestres a desenvolver tecidos condutores de seiva, o xilema e o floema, que permitem o transporte rápido de seivas para todas as partes da planta. Elas podem crescer porque a água e os nutrientes chegam rapidamente a todas as células.

40. A questão é longa e pode parecer muito complicada. Mas, para respondê-la você deve apenas se lembrar que a fotossíntese é um fenômeno que depende da luz e consome CO_2 do ambiente, enquanto a respiração independe da luz e libera CO_2 para o ambiente.
Vamos analisar as informações, uma a uma:
- Na escala de cores que relaciona a cor da solução à concentração de dióxido de carbono, percebemos que no tubo no qual ocorre fotossíntese, a solução deve ficar roxa. No tubo em que ocorre respiração, a solução deve se tornar amarela, e naquele em que ambos os fenômenos ocorrem, em equilíbrio, a solução deve permanecer vermelha.
- O gráfico que relaciona a taxa de fotossíntese do pigmento das algas em função do comprimento de onda da luz mostra que as algas absorvem bem as luzes vermelha e azul, e muito pouco o verde, o amarelo e o laranja.

Vamos aos tubos:
I. Alga iluminada por luz amarela: como a luz amarela é pouco absorvida pelo pigmento fotossintetizante, a taxa de fotossíntese é baixa, consumindo pouco CO_2. Por outro lado, a alga respira, independentemente da luz, liberando CO_2, o que torna a solução amarela.
II. Alga iluminada por luz azul: está realizando fotossíntese em uma taxa elevada (maior do que a de respiração), consumindo CO_2, fazendo com que a solução fique roxa rapidamente.
III. Caramujo iluminado por luz amarela: os animais não dependem da luz, só respiram. Portanto, a solução deve ficar amarela rapidamente.
IV. Caramujo e alga iluminados por luz azul: enquanto a alga faz fotossíntese e respira, o caramujo só respira. O CO_2 liberado na respiração é consumido pela fotossíntese. Então, a solução deve permanecer vermelha.
Um comentário adicional: organismos fotossintetizantes quando iluminados com as luzes certas (azul e vermelha) apresentam taxa de fotossíntese superior à taxa de respiração.
Resposta: b

41. Os dentes do alho são constituídos de matéria orgânica, que é sintetizada pelas folhas por meio da fotossíntese, e mais uma grande porção de água que a planta absorve do solo e que constitui o principal componente de suas células. Se no frasco havia o equivalente a 1 quilograma de alho triturado e desidratado, significa que a água foi retirada (correspondente à 900 g) e ficou só a matéria orgânica (100 g).
Resposta: b

42. Analisando cada uma das proposições:
a) ***Errada.*** Fungos são heterótrofos (não fazem fotossíntese, nem quimiossíntese) e apresentam parede celular de quitina, mas esta característica não é compartilhada com algas.
b) ***Correta.*** Seres decompositores são importantes agentes de renovação de nutrientes inorgânicos para outros níveis da cadeia alimentar.
c) ***Correta.*** As micorrizas são resultado de uma relação ecológica de mutualismo: os fungos agregam-se às raízes da planta, degradam materiais do solo e os transferem ao vegetal. A planta, em troca, fornece aos fungos açúcares e aminoácidos.
d) ***Errada.*** As leveduras realmente podem fazer fermentação alcoólica, mas o processo é utilizado na fabricação de álcool, bebidas alcoólicas e pão. Para a produção de alimentos como iogurte são utilizadas bactérias que realizam fermentação lática.
e) ***Errada***. A lignina e a celulose são componentes da parede celular, e não do citoplasma, de células vegetais e de algumas algas.
Resposta: b, c

43. Analisando as afirmações:
I. A fase esporofítica, tanto nas pteridófitas quanto nas briófitas, independe da presença de água para dispersão dos esporos (células de reprodução assexuada), que é feita pelo vento. Ao contrário, é a fase gametofítica que depende de água para a locomoção do gameta masculino, o anterozoide, até o feminino, a oosfera. Por isso a predominância da fase esporofítica é uma adaptação importante para o sucesso no ambiente terrestre. ***Correta.***
II. O xilema e o floema são os tecidos condutores do vegetal, que fazem o transporte rápido de água e nutrientes a todos os tecidos da planta. A presença dos tecidos condutores é importante no ambiente terrestre porque só as células da raiz estão em contato direto com nutrientes e água, já que as partes aéreas (caule e folhas) devem ser impermeáveis para evitar a dessecação; além disso, esses tecidos permitem que as pteridófitas atinjam grande porte e tenha mais chance de receber luz solar. ***Correta.***
III. Rizoides são encontrados apenas em briófitas. São estruturas de fixação, como as raízes, mas recebem esse nome por não apresentarem tecidos (só pode ser chamado de raiz o órgão de fixação que tem tecidos condutores). ***Incorreta.***

IV. Na linha evolutiva dos vegetais, as briófitas são anteriores às pteridófitas. Mas ambas produzem esporos. ***Incorreta.***

Resposta: a

44. Analisando cada uma das afirmações:

I. Os gametófitos de todos os grupos vegetais são haploides. ***Correta.***

II. Os gametófitos são haploides, mas o óvulo é uma estrutura de reprodução feminina formada pelo gametófito, que é haploide e pelo tegumento, que é diploide. O tegumento é uma parte do estróbilo (gimnospermas) ou da flor (angiospermas) e estas estruturas são produzidas pelo esporófito, que é diploide. ***Incorreta.***

III. De fato os gametófitos femininos formam o endosperma, mas no caso das gimnospermas, o endosperma é formado diretamente pelas células do gametófito, então ele é haploide. Já nas angiospermas, o endosperma é formado a partir da fecundação dos dois núcleos polares femininos (n+n) pelo anterozoide masculino (n), sendo portanto triploide (3n). ***Incorreta.***

IV. Tanto nas gimnospermas quanto nas angiospermas, o óvulo é a estrutura que dá origem à semente, que protege um embrião diploide, formado pela união dos gametas feminino (oosfera) e masculino (anterozoide). ***Correta.***

Resposta: a

45. **a)** Em termos de evolução dos vegetais, a semente apareceu antes do fruto (gimnospermas são plantas com semente e sem fruto, estrutura que só aparece nas angiospermas) . Então parece lógico que a granivoria tenha surgido com as primeiras plantas com semente, antes da frugivoria, que só teria surgido após as plantas frutíferas.

b) A semente é uma estrutura que contém o embrião que vai gerar uma nova planta. A predação é o ato de matar um ser vivo para comê-lo. Sendo assim, a granivoria é considerada uma predação, porque quando um animal come uma semente ele está comendo um potencial ser vivo inteiro. O fruto é a estrutura que protege a semente, ao mesmo tempo que contribui para a sua dispersão, ou seja, para o seu espalhamento pelo planeta. Quando um animal apanha um fruto, ele acaba levando-o para outro local, distante da planta-mãe. Assim, as sementes germinam em um novo ambiente

46. A reação 1 corresponde à fotossíntese, e a reação 2, à respiração aeróbica, na forma simplificada. Analisando as alternativas:

a) O gás oxigênio liberado na fotossíntese é parcialmente utilizado na respiração das células da folha e o que sobra é eliminado por difusão pelos estômatos. ***Incorreta.***

b) A reação 1 refere-se à fotossíntese. ***Incorreta.***

c) ***Correta.***

d) A planta usa parte do oxigênio liberado pela fotossíntese para respirar. ***Incorreta.***

e) A fotossíntese só ocorre na presença de luz. ***Incorreta.***

Resposta: c

47. Analisando as proposições:

I. A flor apresenta tanto estigma, ovário e óvulo que são partes do gineceu (aparelho reprodutor feminino) e filete e antera, partes do androceu (aparelho reprodutor masculino). ***Correta.***

II. Gimnospermas não produzem flor, e sim estróbilo. ***Incorreta.***

III. As pétalas podem ser coloridas, conter nectários e glândulas de perfume, tudo para atrair um inseto, um pássaro ou ainda um morcego. ***Correta.***

IV. O estigma é a extremidade superior do gineceu onde o grão de pólen vai se fixar para desenvolver o tubo polínico que vai levar os gametas masculinos até o feminino, que está dentro do óvulo. ***Correta.***

V. O óvulo é uma estrutura complexa que origina a semente. Quem origina o embrião é a oosfera fecundada. ***Incorreta.***

Resposta: b

CAPÍTULO 6

48. Segundo o texto e a figura, a forma larval do parasitoide se desenvolve nos tecidos do hospedeiro, alimentando-se deles. Pela figura, percebemos que o hospedeiro é uma lagarta que, também segundo o texto, é uma herbívora. A cadeia ecológica em questão é: vegetal (produtor) servindo de alimento para a lagarta (consumidora primária), que, por sua vez, alimenta a fase larval do parasitoide (consumidora secundária).

Resposta: b

49. A resposta está na própria frase destacada da reportagem: "organismos que regeneram o ecossistema terrestre". Essa é a função dos decompositores – fundamentalmente, bactérias responsáveis pela reciclagem da matéria num ecossistema.

Resposta: d

50. O nitrogênio mais oxidado está em NO_3^-. A desnitrificação transforma esse composto em nitrogênio atmosférico (N_2). Este processo refere-se à etapa V da figura.

Resposta: e

51. Lembre-se: as relações desarmônicas entre seres vivos são aquelas em que um dos envolvidos é prejudicado. Numa relação de competição, as espécies de um mesmo nicho ecológico disputam de alguma maneira os recursos ambientais. No predatismo uma espécie alimenta-se de outra. No parasitismo uma espécie alimenta-se de partes de outra, porém, sem matá-la (ao menos, imediatamente). No caso do amensalismo, uma espécie libera no ambiente substâncias que inibem o desenvolvimento de outra. No caso apresentado no enunciado, o fungo causador de doenças no tomateiro é prejudicado pela bactéria, que absorve o ferro – esta é, especificamente, uma relação de competição porque ambos precisam do ferro e competem por ele, mas a bactéria vence a competição. A relação entre tomateiro e bactéria é de simbiose (ou mutualismo), na qual ambos os organismos se beneficiam numa relação de troca.

Resposta: c

52. A questão exige, antes de mais nada, que você saiba interpretar bem o gráfico. Repare que as manchas que mostram a taxa de mortalidade do camarão-da-areia associa a salinidade à temperatura. Agora, às perguntas:

a) O gráfico mostra o comportamento do camarão-da-areia em relação à temperatura e à salinidade do ambiente, e através dele podemos concluir que esta espécie vive bem em temperaturas entre 10 °C e 25 °C e salinidade entre 20% e 40%, nas quais a mortalidade é zero. São informações sobre o nicho ecológico da espécie. Um gráfico que tratasse de ecossistema incluiria diversas espécies. Caso o gráfico se referisse a hábitat, os fatores temperatura e salinidade seriam apresentados em função de outras variáveis abióticas – por exemplo, a água mais quente ou mais fria, dependendo da estação do ano.

b) O nível de organização a que se refere o gráfico é de população – o conjunto de indivíduos de uma mesma espécie, no caso, fêmeas de *Crangon septemspinosa*, vivendo durante determinado período, no mesmo ambiente (água aerada).

c) Lembrando: fatores abióticos são as condições do ambiente não relacionadas a seres vivos, como temperatura e salinidade. Ao contrário, fatores bióticos dizem respeito à integração de uma população com a população de outras espécies. São fatores bióticos o predatismo, o inquilinismo, o comensalismo e o mutualismo, por exemplo. Mas a questão pede fatores com reflexos na mortalidade. Nesse caso, selecionamos o predatismo (uma espécie se alimenta de outra) e o amensalismo (uma espécie libera substâncias que prejudicam outra).

53. O açúcar produzido pela fotossíntese pode seguir diferentes caminhos num organismo fotossintetizante (algas e vegetais). Uma parte é consumida na respiração; outra parte é transformada em outras moléculas orgânicas, e o que sobra transforma-se no polissacarídeo amido, reserva de energia, que é transferida para os consumidores primários (animais que se alimentam de plantas ou algas).

Resposta: a

54. Analisando cada uma das afirmações:

1. De fato o dióxido de carbono é retirado da atmosfera pela fotossíntese. Mas não são apenas plantas que fazem a fotossíntese. Algas eucarióticas e cianobactérias também realizam esse processo. ***Falsa.***

2. O ciclo hidrológico é o caminho percorrido pela água no planeta: as águas superficiais (rios, lagos e mares) evaporam, precipitam na forma de chuva e escorrem pela superfície e pelo subsolo, de volta ao mar. No meio desse processo, a água também é absorvida por plantas e animais, ao longo das teias alimentares. E, depois devolvida pela evapotranspiração (dos vegetais), respiração, fezes e urina dos animais. A decomposição tanto de vegetais quanto de animais também libera água no ambiente. ***Verdadeira.***

3. Apenas um grupo pequeno de bactérias, chamadas de fixadoras de nitrogênio, é capaz de transformar o nitrogênio atmosférico (N_2), em nitrato (NO_3^-), a forma em que esse elemento químico pode ser utilizado pelos vegetais. ***Falsa.***

4. Os vegetais absorvem compostos minerais do solo, e um deles é o fosfato. ***Verdadeira.***

Resposta: b

55. Analisando os três textos:

Texto 1: A captura da mariposa é um método tradicional de controle da praga. Eliminadas do ambiente, as mariposas não porão ovos, que eclodiriam em larvas que se alimentariam das folhas da soja.

Texto 2: Trata-se da produção de soja transgênica, uma espécie vegetal que recebeu um gene exógeno codificador de uma toxina que mata a larva quando ela come a folha.

Texto 3: Pelo texto, as vespas introduzidas no ambiente da lavoura de alguma forma controlam a população de lagartas, mantendo baixo o número de indivíduos que provocam prejuízo à cultura da soja. Trata-se de controle biológico.

Analisando as alternativas:

a) Sim, o texto 2 refere-se a transgenia. No entanto, não há radiação envolvida nesse processo, apenas a transferência de genes de uma espécie a outra. ***Incorreta.***

b) O texto 2 não fala sobre aplicação de inseticidas, mas da produção de um transgênico capaz de produzir uma proteína que funciona como inseticida. ***Incorreta.***

c) O texto 1 trata da utilização de armadilhas – um processo mecânico de eliminação da praga, não de controle biológico. ***Incorreta.***

d) O texto 3 fala sobre a utilização da vespa (consumidora secundária ocupando o terceiro nível trófico), que se alimenta da lagarta (consumidora primária que ocupa o segundo nível trófico) diminuindo sua população. Como a lagarta se alimenta da soja, quando sua população é reduzida, a população de soja é mantida. ***Correta.***

e) O controle biológico abordado no texto 3 tem como finalidade diminuir a população de lagartas e não de mantê-la. ***Incorreta.***

Resposta: d

56. Lembrando: parasitas são organismos que se alimentam de outro, sem os levar à morte imediatamente. Analisemos as afirmações:

1. Parasitas, por definição, alimentam-se de seus hospedeiros. Eventualmente, os hospedeiros acabam morrendo, e mesmo os que resistem ficam bastante debilitados, de forma que sua reprodução pode ficar comprometida. O parasitismo, portanto, pode regular o tamanho populacional do hospedeiro. ***Correta.***

2. Alguns parasitas podem servir de alimento para um predador – por exemplo, um carrapato é comido por determinada espécie de pássaro. ***Correta.***

3. Se duas espécies competem por alimento e abrigo (disputam o mesmo nicho ecológico) aquela que é parasitada estará em desvantagem e deverá sofrer mais com a competição, e pode até ser extinta. Então as interações interespecíficas podem, sim, se alterar. ***Correta.***

Resposta: e

57. Se os peixes produzidos pela hibridação forem competitivos na obtenção de alimento, não tiverem inimigos naturais e não forem controlados, podem invadir ecossistemas, se reproduzir e substituir geneticamente a espécie natural, ou seja, ocupar com mais eficiência o nicho ecológico das espécies naturais.
Resposta: b

58. A relação entre os peixes-palhaço e as anêmonas é de mutualismo porque ambos se beneficiam da relação: a anêmona, que apresenta células urticantes em seus tentáculos, abriga e protege o peixe-palhaço, que não é afetado pelo seu veneno. Em compensação, o peixe-palhaço através do seu movimento promove aeração dos tentáculos e, por ser colorido e chamativo, atrai potenciais presas para a anêmona.
Resposta: a

59. A questão exige menos conhecimentos de biologia do que lógica na análise das proposições de cada uma das alternativas:

a) transferir o contaminante do solo para a água apenas transferiria o problema de um meio para outro. ***Incorreta.***
b) microrganismos contaminados transfeririam o composto tóxico para o nível trófico seguinte, provocando um acúmulo de toxinas ao longo da cadeia alimentar. ***Incorreta.***
c) uma mutação poderia tirar do microrganismo a capacidade de fazer biorremediação, o que não é interessante. ***Incorreta.***
d) um microrganismo não estimula no homem a produção de anticorpos contra uma substância, mas contra o próprio microrganismo. ***Incorreta.***
e) se o microrganismo metabolizar o contaminante, ele será eliminado como subprodutos menos tóxicos. ***Correta.***
Resposta: e

60. Você deve se lembrar do processo de eutrofização: a proliferação de algas microscópicas (devido à alta concentração de fósforo e nitrogênio) e de bactérias (alimentadas por matéria orgânica). A superpopulação de algas barra a luz solar, sem a qual os vegetais aquáticos de camadas mais profundas não conseguem fazer a fotossíntese. Com fotossíntese menos eficiente, cai o nível de oxigênio na água. Os animais que dependem do oxigênio para sobreviver morrem e, assim, depositam mais matéria orgânica no fundo do rio, e esta, por sua vez, será decomposta por bactérias anaeróbicas, únicas sobreviventes em ambientes sem oxigênio. O ciclo se repete, afetando toda a teia alimentar. Analisando as alternativas segundo os gráficos:

a) Repare: em todos os gráficos, todas as curvas voltam para o patamar inicial, de antes da eutrofização, perto dos 80 km depois do lançamento da descarga de matéria orgânica. ***Incorreta.***
b) O terceiro gráfico é claro: a população de anelídeos aumenta no local próximo à descarga de poluentes. ***Incorreta.***
c) A partir do ponto de descarga de poluentes observamos um aumento significativo da população de bactérias e uma diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água, indicando que o metabolismo das bactérias é aeróbico. ***Correta.***
d) O aumento do número de plantas aquáticas ocorre em um trecho anterior ao do aumento dos crustáceos, indicando que estes animais se alimentam de plantas aquáticas, e o aumento de sua população está diretamente relacionado ao aumento delas. No entanto, a população de anelídeos cai quando a população de plantas aumenta. ***Incorreta***
e) Num rio, a correnteza desloca e dilui os poluentes, permitindo que a água pouco a pouco volte ao nível de oxigenação natural. Num lago, onde não há corrente, os poluentes ficam concentrados e o processo de eutrofização não se interrompe de maneira natural. ***Incorreta.***
Resposta: c

61. Organismos autótrofos usam carbono de fontes inorgânicas, na forma de gás carbônico. Com a energia solar, esse carbono é usado para constituir moléculas orgânicas, açúcares. Heterótrofos obtêm energia das moléculas orgânicas (carbono orgânico) produzidas pelos autótrofos.
Resposta: b

62. Você deve ser capaz de identificar as relações ecológicas harmônicas e as desarmônicas. As relações pedidas no enunciado (aquelas que beneficiam uma espécie, não prejudicando ou beneficiando também as outras espécies a ela associada) são harmônicas. Analisando cada uma das propostas:
I. ***Incorreta.*** Parasitismo é uma relação desarmônica – o parasita é beneficiado com a associação, mas o hospedeiro é prejudicado.
II. ***Correta.*** O inquilino é uma relação harmônica, na qual uma espécie vive sobre ou dentro de outra beneficiando-se, mas sem perturbar o hospedeiro.
III. ***Incorreta.*** O mutualismo é uma relação harmônica, mas nele não há uma única espécie beneficiada. Todas as espécies tiram vantagem da associação e dependem umas das outras para sobreviver.
IV. ***Correta.*** Também relação harmônica, o comensalismo é aquela em que a espécie comensal se alimenta de restos de outra espécie, sem prejudicá-la.
Resposta: C

63. Você deve se lembrar de que fermentação é o mesmo que respiração anaeróbica, sem oxigênio. O sistema de tratamento mencionado no enunciado envolve bactérias em ambiente oxigenado. Se o ambiente precisa ser oxigenado, as bactérias são aeróbicas – ou seja, realizam respiração aeróbica para degradar a matéria orgânica, transformando-a em compostos inorgânicos. Com isso, você descarta três alternativas. Para se decidir pelas duas restantes, basta prestar atenção: o esgoto doméstico é rico em matéria orgânica. É esse material que as bactérias aeróbicas decompõem, transformando-o em compostos inorgânicos.
Resposta: E